

# Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből

Különös tekintettel  
a továbbfejlesztés várható irányaira  
és a kor új kihívásaira



LUKÁCS LÁSZLÓ

Dialóg Campus

SZEMELVÉNYEK A MAGYAR ROBBANTÁSTECHNIKA FEJLŐDÉSTÖRTÉNETÉBŐL  
Különös tekintettel  
a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira



Lukács László

SZEMELVÉNYEK A MAGYAR  
ROBBANTÁSTECHNIKA  
FEJLŐDÉSTÖRTÉNETÉBŐL

Különös tekintettel a továbbfejlesztés várható  
irányaira  
és a kor új kihívásaira

A kiadvány a KÖFOP-2.1.2-VEKOP-15-2016-00001 „A jó kormányzást megalapozó közszolgálat-fejlesztés” elnevezésű kiemelt projekt keretében került kiadásra.

Szakmai lektor  
Dr. Kovács Zoltán  
alezredes, egyetemi docens

© Dialóg Campus Kiadó  
© Szerző 2017

A mű szerzői jogilag védett. Minden jog, így különösen a sokszorosítás, terjesztés és fordítás joga fenntartva. A mű a kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül részeiben sem reprodukálható, elektronikus rendszerek felhasználásával nem dolgozható fel, azokban nem tárolható, azokkal nem sokszorosítható és nem terjeszthető.

# TARTALOM

<b>BEVEZETÉS</b>	11
<b>1. A ROBBANÁS, A ROBBANTÓANYAGOK FEJLŐDÉSE</b>	19
1.1 A robbanás fogalma, a kémiai robbanás feltételei	19
1.2. A robbanóanyag fogalma, a robbanóanyagok felosztása	20
1.3. A robbanóanyagok kialakulásának rövid története	29
1.3.1. A lőpor története	29
1.3.2. Fejezetek a hazai lőporgyártás és -felhasználás történetéből	30
1.3.3. Az iniciáló robbanóanyagok fejlődése	33
1.3.4. A brizáns robbanóanyagok fejlődése	33
1.3.5. Az alacsony hatóerejű ipari robbanóanyagok	36
1.4. A magyar honvédségnél alkalmazott robbanóanyagok a századfordulótól napjainkig	38
1.5. Robbanóanyagok a hazai ipari robbantástechnikában	42
1.6. Robbantószerkezetek a hazai robbantástechnikában	46
1.6.1. A töltetek iniciálásának alapjai	47
1.6.2. Robbantó (utász) gyutacsok	49
1.6.2.1. A robbantógyutacsok kialakulása, fejlődésük	49
1.6.2.2. Robbantógyutacsok a magyar honvédségnél	50
1.6.3. Villamos gyutacsok	53
1.6.3.1. A villamos gyutacsok kialakulása	53
1.6.3.2. A késleltetett hatású, valamint az eltérő impulzusérzékenységu villamos gyutacsok	54
1.6.3.3. A villamos gyújtás területén tapasztalható legújabb eredmények	55
1.6.3.4. A magyar honvédségnél rendszeresített villamos gyutacsok	58
1.6.3.5. A hazai gyártású ipari villamos gyutacsok	60
1.6.4. Időzített gyújtó- és robbanózsínok	60
1.6.4.1. A feketelőpor-töltetek indításának kezdeti módszerei, az időzített gyújtózsín kialakulása	60
1.6.4.2. A robbanózsín feltalálása	61
1.6.4.3. Időzített gyújtózsínok és robbanózsínok a magyar honvédségnél	62
1.6.5. A NONEL gyújtási rendszer	64
1.6.5.1. A NONEL gyújtási rendszer a Magyar Honvédségnél	67
1.7. Összefoglalás és részkoövetkeztetések	69
<b>2. SZERKEZETI ELEMÉK ROBBANTÁSA ÉS FÖLDROBBANTÁS</b>	73
2.1. Farobbantás	73
2.1.1. Fa szerkezeti elemek robbantása	73
2.1.2. Fa szerkezeti elemek robbantása közbehelyezett összpontosított töltetekkel	80
2.1.3. Fa szerkezeti elemek víz alatti robbantása	83
2.1.4. Tuskórobbantás a katonai gyakorlatban	84
2.1.5. Tuskórobbantás az ipari robbantástechnikában	87
2.1.6. Részkoövetkeztetések	88
2.1.7. Javaslatok a farobbantás szabályainak fejlesztésével kapcsolatban	88
2.2. Fém szerkezeti elemek robbantása	90
2.2.1. Acéllemezek és -tartók robbantása	90
2.2.2. Acélsövek és -rudak, gömbvasak és sodronykötelek robbantása	103
2.2.3. Fém szerkezeti elemek víz alatti robbantása	105
2.2.4. Részkoövetkeztetések	107
2.2.5. Javaslatok a fém szerkezeti elemek robbantásával kapcsolatban	108
2.3. Téglá-, kő-, beton- és vasbeton elemek robbantása	109

2.3.1. Téglá, kő és beton szerkezeti elemek robbantása	109
2.3.2. Vasbeton elemek robbantása	125
2.3.3. Téglá-, kő-, beton- és vasbeton elemek robbantása közbehelyezett töltettel	130
2.3.4. Téglá-, kő-, beton- és vasbeton elemek víz alatti robbantása	130
2.3.5. Részkövetkeztetések	131
2.3.6. Javaslatok a téglá-, kő-, beton- és vasbeton elemek robbantásával kapcsolatban	131
2.4. Földrobbantás	132
2.4.1. A földrobbantás elméletének és gyakorlatának fejlődése	132
2.4.2. Részkövetkeztetések	155
2.4.3. Javaslatok a földrobbantás tervezésének és kivitelezésének változtatásával kapcsolatban	156
<b>3. HIDAK ROBBANTÁSA</b>	159
3.1. Fémhidak robbantása	160
3.2. Kő-, beton- és vasbeton hidak robbantása	172
3.2.1. Kő- és betonhidak robbantása	172
3.2.2. Vasbeton hidak rombolása	175
3.3. Hidak pilléreinek robbantása	177
3.4. Részkövetkeztetések	180
3.5. Javaslatok a hidak katonai célú robbantása megtervezésével és megszervezésével kapcsolatban	181
<b>4. ÉPÜLETEK, KÉMÉNYEK ÉS TORNYOK GYORSROBBANTÁSA</b>	183
4.1. Épületek gyorsrobbantása	184
4.2. Kémények és tornyok gyorsrobbantása	187
4.3. Részkövetkeztetések	188
<b>5. A KATONAI ROBBANTÁSTECHNIKA ÉS A KÖRNYEZETVÉDELEM</b>	191
5.1. Polgári és katonai környezetvédelmi szabályozás	192
5.1.1. Az 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól	192
5.1.2. Környezetvédelmi irányelvek a katonai szektor számára	193
5.1.2.1. A katonai szektor és a környezet közötti összefüggések	194
5.1.2.2. A kormányzat felelőssége	194
5.1.2.3. A katonai szektor felelőssége	195
5.1.3. A Magyar Honvédség Környezetvédelmi Doktrínája	195
5.2. Környezetkímélő katonai robbantások	196
5.2.1. Ipari robbanóanyagok alkalmazási lehetőségei a katonai feladatok végzése során	196
5.2.1.1. A Magyar Honvédség robbanóanyag-ellátásának jelenlegi helyzete	196
5.2.1.2. Ammónium-nitrát alapú ipari robbanóanyagok a korábbi hazai, valamint a külföldi katonai gyakorlatban	197
5.2.1.3. Az ANDO katonai alkalmazhatóságának vizsgálata	199
5.2.1.4. A robbanóanyag honvédségi felhasználásának lehetősége	200
5.2.1.5. Az emulziós robbanóanyagok és honvédségi alkalmazhatóságuk	201
5.2.1.6. Összehasonlító földrobbantási kísérletek emulziós robbanóanyagokkal	202
5.2.1.7. A szabvány-, pót- és szükség-robbanóanyagok elmélete	208
5.2.2. Környezetkímélő földrobbantás időzített gyutacsok segítségével	209
5.2.3. Szerkezeti elemek környezetkímélő robbantása belső töltetekkel	212
5.2.4. Lineáris vágótöltetek a katonai és az ipari gyakorlatban	214
5.2.4.1. A kumulatív hatás – a Munroe-effektus	214
5.2.4.2. A katonai kumulatív töltetek fejlesztése a II. világháború előtt	217
5.2.4.3. Kumulatív töltetek az ipari robbantástechnikában	217
5.3. Részkövetkeztetések	222
<b>6. A ROBBANÓANYAGOK SPECIÁLIS FELHASZNÁLÁSA</b>	225
6.1. Robbanóanyagok alkalmazása a fémmegmunkálásban	225
6.1.1. A robbantásos fémalakítás elméleti alapjai	225
6.1.2. Robbantásos plattírozás (hegesztés)	226
6.1.2.1. A robbantásos plattírozás elve	228
6.1.2.2. A bimetalok minősítési követelményeinek meghatározása	229

6.1.3. Fémlemezek és fémcsövek képlékeny alakítása	230
6.1.3.1. A fémlemezek robbantásos alakításának történeti fejlődése	230
6.1.3.2. A robbanás mint anyagformáló erő	232
6.1.3.3. A fémalakító robbantási technológia alapjai	233
6.1.3.4. Robbantásos fém megmunkálással kapcsolatos szakirodalom Magyarországon	235
6.1.3.5. Robbantásos fémalakítás, gyártás üzemi körülmények között	237
6.1.4. Fém- és kerámiaporok tömörítése	238
6.1.5. Hurok robbantása acélsodrony kötélre	239
6.1.5.1. Az alkalmazandó anyagokkal szembeni követelmények	240
6.1.5.2. Kis átmérőjű acélsodrony kötél robbantása	241
6.1.5.3. Közepes átmérőjű acélsodrony kötél robbantása	244
6.1.5.4. Nagy átmérőjű acélsodrony kötél robbantása	246
6.1.5.5. A robbantott 6, 8, 10 és 12 mm átmérőjű drótkötél hurkok dinamikus szakítása és gyakorlati kipróbálása PMP-pontonokon	247
6.1.5.6. A robbantásos drótkötél hurok készítmény technológiájának értékelése	249
6.2. A jégrobbantás szabályainak fejlődése	250
6.2.1. Jégrobbantás a katonai szabályzatokban	250
6.2.2. Polgári jégrobbantási szabályok	260
6.2.2.1. Polgári jégrobbantó töltetek	260
6.2.2.2. Polgári jégrobbantási módszerek, eljárások	265
6.2.3. A hazai jeges árvizek és jégrobbantás rövid történeti áttekintése	268
6.2.4. Részkövetkeztetések	271
6.3. Robbantási munkák a mezőgazdaságban	272
6.3.1. Robbantásos talajlazítás	272
6.3.2. Faültető gödrök robbantásos kialakítása	274
6.3.3. Gyümölcsfák robbantásos fiatalítása	275
6.3.4. Szerves trágya robbantásos terítése	276
<b>BEFEJEZÉS</b>	279
<b>IRODALOMJEGYZÉK</b>	283
<b>MELLÉKLETEK</b>	292
1. A katonai robbanóanyagok jellemzői	292
2. A Magyarországon gyártott és forgalmazott emulziós robbanóanyagok főbb adatai	304
3. MM Tammonit robbanóanyag és robbanótöltet	305
4. A korábban hazai gyártású ipari robbanóanyagok jellemzői	306
5. Az E*-Star programozható villamos gyutacs műszaki jellemzői	311
6. Korábbi, hazai gyártású ipari villamos gyutacsok jellemzői	312
7. Élőfák kidöntése és útzáró fatorlaszok létesítése robbantással, 1950	316
8. Táblázat a műszaki ezred tuskóirtó robbantásairól a Margit-szigeten, 1903	318
9. Vasszerkezeti elemek robbantásának számítása és a töltetek felerősítése, 1903	319
10. A talaj szilárdsági tényezőjének robbantással való megállapítása, 1928	320
11. A 'K' tényező értékeinek meghatározása próbarobbantással, 1950	321
12. Földrobbantási feladat folyamatábrája	322
13. Lazító robbantás folyamatábrája	323
14. Íves szekrénytartójú vashíd robbantási terve, 1928	324
15. Példa vashíd robbantásának megszervezésére, 1950	328
16. Fémhidak robbantásának folyamatábrája	332
17. Fémhíd romboláshoz történő előkészítésének számvetése és munkaszervezése, 1971	333
18. Vasbeton hidak robbantásának folyamatábrája	336
19. Robbantástechnikai szakirodalom Magyarországon	337





*“The farther backward you can look, the farther forward you can see.”*

*„Minél messzebbre tekintesz vissza, annál távolabb látsz előre.”*

Winston Churchill

A könyvet Hegyi Ferenc honvéd őrnagy és dr. Mueller Othmár emlékének ajánlom.



„A mai katonai műszaki nemzedék, amely a jövőben a vezetésre hivatott, csak a múltból tanulhat; aki pedig nem becsüli a múltját, annak nincs jövője.”<sup>1</sup>

## BEVEZETÉS

*Az ipari robbantástechnika aktuális kérdéseit összefoglaló, a köznapi forgalomban beszerezhető művek – bár nem nagy számban, de – koronként megjelentek a hazai szakkönyvkiadásban.*<sup>2</sup>

A honi katonai robbantástechnika múltjának feldolgozásával, rendszerező áttekintésével és a továbbfejlesztés javasolt irányjaival is foglalkozó mű Magyarországon eddig még – tudomásom szerint – *nem készült*. Külön érdekességet ad a témának, hogy az 1800-as évektől a mai napig terjedő időszak során az először német alapokon nyugvó robbantási szabályozást a II. világháború után felváltották a volt szovjet szabályzatok fordításai, majd a rendszerváltozást követően e szakterületen is új utakat kellett és kellene keresnünk. Közben tagjai voltunk a Varsói Szerződésnek, jelenleg pedig a NATO szövetségi rendszerében kell megfelelnünk a hazai és a nemzetközi elvárásoknak.

A témát több évtizede kutatom. Segítő támogatással, vezetésemmel már 1984-ben, a Katonai Főiskolák 2. Tudományos Diákköri Konferenciájára (Szolnok) nyolc hallgatóm írt ebből a témából dolgozatot. 1995-ben *A magyar honvédségnél alkalmazott robbantási eljárások és robbanóanyagok legfontosabb részterületei fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai* című kandidátusi disszertációmban részleteiben is vizsgáltam a honi katonai robbantástechnika egyes területeit. Ez a könyv ennek a munkának a folytatása, továbbfejlesztése, egyben a jelenkor szakterületemet érintő új kihívásaira a válaszok keresése.

A katonai felsőoktatásban 1979 óta robbantást oktató tanárként *meggyőződésem, 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.

Az aktuálisan érvényben lévő szabályzat, szakutasítás kötelező érvényű az azt alkalmazó katonai szervezet minden tagjára. A benne foglaltak feltétlen elfogadását viszont az elrendelő határozatnál, intézkedésnél sokkal eredményesebben szolgálja, ha például azt is tudjuk, látjuk, hogy 1903-ban, majd 1928-ban is ugyanolyan szabályok szerint kellett kezelni a robbanózsínort, mint ma. Ha szilárd meggyőződéssel, tényekkel alátámasztottan tudunk azonosulni az előírásokkal, mert tudjuk: ebben a szakmában a fennálló rendszertől, politikai berendezkedéstől függetlenül igaz, több mint egy évszázadon átívelő és alapvetően a mai napig érvényes szabályozók szerint végzendők a feladatok. A robbantó igazát mindig az elért eredmény bizonyítja. Számol, töltetet szerel és robbant. Ha a munkáját jól végezte, akkor sikeres volt. Ha nem, akkor – jó esetben – okulhat a hibáján. De a robbantási feladatokat békében is „élesben” hajtjuk végre. A robbanóanyagot pedig nem érdekli a diploma minősítése, „öntörvényű” anyag. Ha betartod a szabályait, akkor a segítő társad. Ha nem, akkor büntet.

Robbantástechnikával foglalkozó szakemberként *a másik fő kérdésnek a katonai és az ipari (polgári) robbantástechnika egymáshoz való viszonyának, egymásra hatásának vizsgálatát tekintem*. Széles körű

<sup>1</sup> Jacobi Ágost utászvezetési: *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok, a világháborúban 1914–1918*. Közlekedési Nyomda K. F. T., Budapest, 1938., 13.

<sup>2</sup> Bassa Róbert – Dr. Kun László: *Robbantástechnikai kézikönyv*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965; Dr. Bohus Géza – Horváth László – Papp József: *Ipari robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983; Dr. Mueller Othmár: *Korszerű épületbontás*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

kapcsolatokat építettem ki szakmai ismereteim elmélyítése céljából a hazai és a nemzetközi robbantó társadalommal. Polgári robbantásvezetői igazolványt szereztem egy tanfolyam elvégzése után 1993-ban, azóta pedig rendszeres szervezője, résztvevője és előadója voltam és vagyok a hazai és a külföldi nemzetközi szakmai konferenciáknak. 1982-től a Műszaki Tudományos Egyesületek Szövetsége (MTESZ) Építéstudományi Egyesület (ÉTE) Robbantástechnikai szakbizottságának tagja, 1990-től választott vezetőségi tagja, 1995-től titkára, majd az elnök 2002-ben bekövetkezett halálát követően, a szakbizottság megszűnéséig megválasztott elnöke voltam. 1999-től megszűnéséig tagja voltam az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE) Robbantástechnikai Szakosztályának. 2004-től a fenti két szakmai szervezet jogutódjaként megalakuló Magyar Robbantástechnikai Egyesület (MARE) létrehozásának egyik indítványozója, alapító tagja és megválasztott alelnöke, 2007–2010 között pedig az elnöke voltam.<sup>3</sup> Újbóli jelölésem elhárítását követően az Egyesület tiszteletbeli elnökévé választott 2010-ben. A civil szakmai közösség több kitüntetéssel ismerte el a robbantástechnika oktatása, kutatása során elért eredményeimet, valamint a szervezet érdekében végzett munkámat.<sup>4</sup>

Ha a polgári robbantástechnika – talán mondhatjuk – évszázadokon keresztül táplálkozhatott a katonai robbantások elméletéből és gyakorlatából, akkor ma, a katonai robbantástechnika továbbfejlődési lehetőségeinek vizsgálatakor nem haszontalan megfontolni a merítést az ipari robbantástechnika – ma már esetenként előttünk járó – területeinek eredményeiből, tapasztalataiból.

*A harmadik fő kérdésnek* eddigi szakmai tevékenységem során *a katonai robbantási feladatok környezetkímélő végrehajtási lehetőségeinek kutatását tartottam és tartom.* Problémának érzem, hogy – szemben az ipari robbantástechnikával – a katonai feladatok végzésekor a feltétlen sikeresség miatt egyáltalán nem fordítunk figyelmet a környezetkímélő technikák, technológiák alkalmazására. Ez a támadó doktrínát előtérbe helyező Varsó Szerződés hadseregeként még érthető volt valamilyen szinten. Ugyanakkor ma, a NATO tagjaként, fő célként hazánk területi integritásának védelmét szem előtt tartva, elsődlegesen béketeremtő és békefenntartó missziókra készülve, elfogadhatatlan. A megoldást keresve, az ipari robbantástechnikában szerzett ismereteim alapján arra a véleményre jutottam, hogy több ponton is lehetőség nyílna a katonai robbantási feladatok egy részénél a polgári életben alkalmazott eljárások, robbantóanyagok<sup>5</sup> adaptálására. Tudományos és oktatói munkám során kísérleti és bemutató robbantásokat szerveztem, cikkeket publikáltam, konferenciákon előadásokat tartottam itthon és külföldön ebben a témában. 1997-ben egy kísérleti jellegű robbantási jegyzetemet jelent meg a Nemzetvédelmi Egyetem műszaki hallgatói részére a Környezetgazdálkodási Oktatás Fejlesztéséért Alapítvány támogatásával, *Katonai robbantástechnika és környezetvédelem* címmel.

Végezetül, *de talán a legfontosabb kérdés a könyv aktualitása kapcsán korunk új kihívása, a terrorizmus, ezen belül is a robbanóanyaggal elkövetett merényletek.* Az ipari robbantástechnikában a legoptimálisabb, legkörnyezetkímélőbb (egyben legköltséghatékonyabb) módszerekkel, eszközökkel hajtják végre a robbantási feladatokat. Ez viszont hosszadalmas, számtalan bonyolult és drága technikai eszközt igénylő előkészítő munkálatokat követel meg.

A terrorista viszont azonnali és brutális eredményre törekszik. Ehhez pedig a technológiát a katonai robbantástechnika elméletéből és gyakorlatából veszi, hiszen a körülményei a harctérihez hasonlóak. Ahhoz, hogy a védelemért felelős szakembereknek esélyük legyen a tragédiák elkerülésére, ismerniük kell, hol vannak a leghatékonyabban rombolható szerkezeti elemek, keresztmetszetek, milyen robbanóanyag-töltet megjelenésére számíthatnak, annak milyen hatása van. Csak így várható el, hogy megfelelő ellenrendszabályokat tudjanak érvényesíteni. Az ő számukra is készül ez a könyv.

A fentieket figyelembe véve, a könyv elkészítésekor *több célt tűztem ki magam elé.*

Fejlődésük vizsgálatán keresztül fel kívánom dolgozni a *magyar honvédségnél*<sup>6</sup> alkalmazott katonai robbantástechnikai módszerek és eljárások legfontosabb kérdéseit. Ezen belül a robbantástechnikai ismeret-

<sup>3</sup> A Magyar Robbantástechnikai Egyesület alapszabálya értelmében a vezetőség hároméves ciklusokban végzi feladatait.

<sup>4</sup> 1998: ÉTE-érdemérem kitüntetés, a Robbantástechnikai Szakbizottságban végzett munkáért; 1998: az ÉTE Robbantástechnikai Szakbizottsága DetoPrim elismerése, a robbantástechnikai oktatás terén végzett munkáért és publikációs tevékenységért; 2002: Alpár Ignác Díj kitüntetés, az ÉTE legmagasabb szakmai elismerése; 2002: a Szlovák Robbantástechnikai Egyesület elismerő oklevele a nemzetközi konferenciákon huzamos időn át tartott előadásokért; 2006: Szlovák Robbantástechnikai Egyesület kitüntetés a nemzetközi konferenciákon 1995 óta tartott előadásokért; 2010: a Magyar Robbantástechnikai Egyesület Weindl Gáspár-díja, a robbantástechnikai oktatásért és kutatásért, valamint a szakmai közösség érdekében végzett munkáért (az egyesület legmagasabb adományozható elismerése); 2010: a Szlovák Robbantástechnikai Egyesület „Diplom Uznania” oklevele.

<sup>5</sup> Az ipari robbantástechnikában elfogadott terminológiát alapul véve robbanóanyag fogalma alatt a robbanóanyagokat és a robbantószerkezetet összefoglalóan értjük. Ezen belül robbantószer a töltet közvetlen iniciálására szolgáló anyag vagy szerkezet (gyutacs, időzített gyújtózsínór és robbanózsínór stb.).

<sup>6</sup> A könyvben a továbbiakban „magyar honvédség” alatt azt a mindenkor, központilag szervezett fegyveres erőt értem (függetlenül annak éppen aktuális megnevezésétől), melynek feladata az ország védelme volt.

reték – mint nagy egész – részekre bontása után az éppen érvényes (szabályzatokban, utasításokban foglalt) előírások alakulásán, fejlődésén keresztül vizsgálom a részterületeket.

Az egyes korok és a ma is érvényben lévő szabályok, eljárások vizsgálatán, összehasonlításán alapuló következtetések útján véleményt alkotok a ma alkalmazott eljárások időtállóságáról, valamint feltárom az esetleg módosításra vagy fejlesztésre szoruló részeket, egyben javaslatokat is teszek azokra.

A hazai – korábban jelentős sikereket elérő – robbantóanyag-ipar elmúlt évtizedekben bekövetkezett elsorvadása, majd megszűnése kapcsán bemutatom az általuk előállított termékeket, ezzel is mindegy emléket állítva az ott dolgozó kiváló hazai szakembereknek, kutatóknak.

Elemzem a katonai robbantási feladatok környezetkímélő végrehajtási lehetőségeit, különös figyelemmel az ipari robbantástechnikában bevált robbantóanyagokra és -eszközökre, valamint technológiákra. Bizonyítani kívánom, hogy a jelenleg érvényes katonai robbantási szabályozás kiadása óta megváltozott körülmények között tevékenykedő Magyar Honvédségnek, mely elkötelezett abban, hogy feladatai maradéktalan teljesítése mellett megfeleljen a jelen kor környezetvédelmi elvárásainak, szükségszerűen változtatnia kell eddigi robbantási gyakorlatán.

Kísérletekre és számításokra alapuló konkrét javaslatokat teszek olyan robbantóanyagok, robbantási segédeszközök és technológiák bevezetésére, melyek révén az eddigieknél környezetkímélőbb módon tudunk robbantási munkákat végezni akár honi területen, akár egy külföldi béketeremtő misszió során. Bemutatom a robbantástechnika néhány kevésbé ismert területét, ezzel is bizonyítva a robbantóanyagok békés, életünket jobbá, könnyebbé tevő alkalmazási lehetőségeit is.

A kitűzött célok elérése érdekében tanulmányoztam a témával kapcsolatos hazai és külföldi, katonai és polgári robbantástechnikai szakirodalmat, a legújabb kutatások eredményeit és a gyakorlati tapasztalatokat.<sup>7</sup> Konzultációkat folytattam neves hazai és külföldi katonai és polgári szakemberekkel. Sok segítséget kaptam a Magyar Robbantástechnikai Egyesület ipari robbantástechnikában dolgozó tagjaitól, a volt Haditechnikai Intézetben a szakterületen kutató-fejlesztő mérnök kollégáktól és a nemzetközi szakmai konferenciákon megismert szakemberektől.

Gyakorlati kísérleteket végeztem az ipari, elsősorban az emulziós robbantóanyagok katonai földrobbantási feladatok során történő alkalmazhatóságával kapcsolatban. Az S–Metalltech Anyagtechnológiai Kutató-fejlesztő Kft. munkatársaival vizsgáltuk a fémalakító robbantás és a plattírozás katonai területen történő alkalmazhatóságát, ezen belül kísérleti robbantásokat végeztünk különböző átmérőjű elszakadt acélsodrony kötelek robbantásos javításával kapcsolatban.

A könyv megírása során külön problémát jelentett a rendelkezésemre álló hatalmas anyag feldolgozása úgy, hogy egyrészt figyelemmel legyek a terjedelmi korlátokra, másrészt viszont az elkészült mű megfelelő alapul szolgálhasson mind a honi katonai robbantástechnikában bekövetkezett fejlődés fő irányvonalának bemutatásához, mind a további – hasonló tárgyú – kutatások forrásértékű támogatásához. A katonai robbantástechnikában végbement változások vizsgálata során ezért csak a robbantási szabályzatokat, utasításokat elemeztem, nem kutatva a bennük foglalt eljárások, szabályok kapcsolatát a vonatkozó műszaki biztosítási/támogatási alapelvekkel.

Magának a katonai robbantástechnikának a vizsgálatát is szűkítenem kellett, hiszen a robbantástechnika „mindazoknak a tevékenységeknek, módszereknek, eljárásoknak az összessége, melyeknek segítségével az ember a robbanás jelenségét, annak törvényszerűségeit feltárja és azt gyakorlati célokra felhasználja, beleértve a robbantáshoz szükséges anyagok előállítását és vizsgálatát is”.<sup>8</sup>

A katonai gyakorlatban jelentkező robbantási feladatok egészének ennek megfelelő elemzése megint csak lehetetlen vállalkozás lenne még egy könyv keretein belül is, így ki kellett jelölnöm azokat a határokat, melyeken belül maradván az eredetileg kitűzött célok mégis elérhetők.

A gyakorlati élet tapasztalatait figyelembe véve úgy döntöttem, hogy vizsgálom a robbantóanyagok terén bekövetkezett változásokat, továbbá a szerkezeti elemek és a földrobbantás, valamint a fém-, kő-,

<sup>7</sup> Ebben nagy segítségemre volt a Nemzetvédelmi Egyetem Tudományos Könyvtára részét képező, mintegy 26 ezer kötetes Mueller Othmár Robbantástechnikai Különgyűjtemény. A 2002. decemberben elhunyt dr. Mueller Othmár, az ÉTE Robbantástechnikai Szakbizottság alapítója és vezetője az általa összegyűjtött, Európában egyedülálló szakkönyvtárát több évtizedes barátságunk alapján és a Nemzetvédelmi Egyetem Műszaki tanszékén folytatott, többek között személyemhez is kapcsolódó robbantásoktatás és -kutatás színvonalának elismeréseként adományozta az egyetemnek. Az adományozó a végakaratóban megtisztelt a könyvtár szakmai továbbfejlesztésének folytatásával. Ezenkívül az egyetem Tudományos Könyvtárában, a Hadtörténelmi Múzeum és Könyvtár Hadtudományi Könyvtárában és a Kujbisev Katonai Műszaki Akadémia (Moszkva) szakkönyvtárában kutattam a vonatkozó szakirodalmat. Az adott témákhoz kapcsolódó, célzott keresést végeztem az interneten.

<sup>8</sup> *Robbantástechnikai terminológia – A robbantástechnika időszerű kérdései*. 5. sz. füzet. Az OMBKE Robbantástechnikai Szakbizottság kiadványa, Budapest, 1980.

beton- és vasbeton hidak robbantási szabályainak változásait. A szerkezeti elemek és a földrobbantás minden robbantási szabályzatban a legterjedelmesebb részként került bemutatásra, mivel az itt rögzített szabályokat kellett és kell figyelembe venni az összes, később tárgyalt egyéb robbantási feladat során is.<sup>9</sup>

A hidak rombolásának külön fejezetben történő bemutatását három okból választottam. Egyrészt az ott végrehajtható feladatok a legkomplexebbek az építményrobbantásokon belül, amennyiben szinte az összes, alapvető szerkezeti elem robbantása előfordul a tervezés során. Másrészt a hidak rombolása a kezdetektől alapvető feladatként jelentkezett a katonai robbantástechnikában, így jól nyomon követhetők a szabályozásban koronként bekövetkezett változások. Végezetül: a hidak a kritikus infrastruktúrán<sup>10</sup> belül az egyik legérzékenyebb, legkönnyebben sebezhető elemek, melyek terrorista célú robbantások esetén akár egész országrészek életét béníthatják meg. A szakembereknek fontos az egyes híd típusok legérzékenyebb pontjainak ismerete, erre pedig a katonai robbantástechnikán belül kapunk fontos válaszokat.

A kényszerűen elhagyott területek ellenére úgy érzem, hogy ez a keresztmetszet olyan reprezentatív bemutatását adja a honi katonai robbantástechnikának (illetve az annak területén bekövetkezett változásoknak), melynek segítségével jelentősebb tévedések nélkül vélemény alkotható a célkitűzésekben említett kérdésekben.

A fentiekből következően a könyvben nem mutatunk be olyan egyéb feladatokat, mint például az épületek, az autóutak és a repülőterek robbantása, a vasutak, a hidrotechnikai és az erődítési építmények, valamint a nem robbanó műszaki záruk rombolása, a harci-technikai eszközök és katonai objektumok rongálása.

A műben egyes fogalmak és anyagok nevei többféle formában és helyesírással szerepelnek. Ennek oka az, hogy a különböző szakirodalmakban így jelentek meg, ezért – a történeti hűség okán – nem alkalmaztam a ma elfogadott megnevezéseket.<sup>11</sup>

Az ipari robbantástechnika területéről azokat a részeket mutatom be részletesen, melyek a környezetkímélő katonai robbantások szempontjából fontosak vagy különlegességük folytán új ismereteket nyújthatnak akár a robbantástechnika szélesebb körben ismert részterületeit (például bányaművelés, építménybontás stb.) művelők számára is. Mivel az egyik kitűzött cél a terrorista robbantások végrehajtási módszereinek, technikáinak a megértése, a jelentős idő-, erő- és eszközráfordítást igénylő ipari robbantások elemzését elhagytam. Ugyanígy nem találkozok az olvasó az ipari robbantástechnika szabályozásának bemutatásával sem, de ahol egyes részeinek megismerése fontos az adott téma szempontjából, ott természetesen utalok rá.

Nem foglalkoztam a NATO Szabványosítási Egyezményekkel (STANAG) sem, tekintve, hogy nem kapcsolódnak szorosan a kutatott témához. Áttekintve a robbantástechnikához kapcsolódó szövetségi szabványokat, azt tapasztaljuk, hogy azok nem foglalkoznak a robbantási feladatok konkrét végrehajtásának szabályaival, módszereivel. Ezt minden tagállam maga határozza meg a saját nemzeti szabályzataiban, utasításaiban. A témához kapcsolható STANAG-ek elsősorban a különféle robbantóanyagok egyik NATO-országból a másikba történő átadásának speciális előírásait<sup>12</sup> vagy a robbanóanyagok vizsgálatának, minősítésének technikai kérdéseit<sup>13</sup> egységesítik szövetségi szinten. Ugyanakkor – ahol szükségesnek éreztem – megvizsgáltam, hogy más NATO-hadseregek hogyan szabályoznak egyes kérdéseket, milyen megoldást találtak, alkalmaznak egy-egy feladatra.

A kitűzött célokat figyelembe véve a könyv hét fejezetre tagozódik. A fejezetek végén részkövetkeztetésekben összegzem, értékelem a vizsgált területet, egyben javaslatokat is teszek a fejlesztés, továbblépés lehetőségeire.

Az első fejezet a robbantóanyagokról szól. Ezen belül tárgyalom a robbanóanyag fogalmának és felosztásának fejlődését az 1800-as évek végétől napjainkig, majd rövid áttekintést adok a robbanóanyagok kialakulásának történetéről. Koronként bemutatom a magyar honvédségnél alkalmazott robbanóanyagokat, ezt követően pedig, fejlődéstörténeti bevezetés után, a rendszeresített robbantó (utász) és villamos gyutacsokat, időzített gyújtó- és robbanósinórokat, valamint a NONEL gyújtási rendszert. Ugyancsak szerepelnek a fejezetben a – sajnos már csak múlt időben említhető – hazai gyártású ipari robbantóanyagok.

<sup>9</sup> Az építményrobbantásokat szabályozó pontok csak a robbantási helyekről, keresztmetszetekről adnak útmutatást. A tényleges töltésszámítást azonban az ott található szerkezeti elem robbantására, illetve a kő- és földrobbantásra vonatkozó szabályok szerint kell elvégezni.

<sup>10</sup> Mai megnevezéssel: létfontosságú rendszerek.

<sup>11</sup> Ahol ezt (a könnyebb érthetőség kedvéért) szükségesnek érzem, ott lábjegyzetben utalok a ma ismert megnevezésre.

<sup>12</sup> Például STANAG 4022: A hexogén robbanóanyag átadásának speciális előírásai egyik NATO-országból a másikba; STANAG 4025: A TNT robbanóanyag átadásának speciális előírásai egyik NATO-országból a másikba; STANAG 4021: A tetril robbanóanyag átadásának speciális előírásai egyik NATO-országból a másikba.

<sup>13</sup> Például STANAG 4170: Alapelv és módszertan a hadseregben használt robbanóanyagok minősítéséhez.

A *második fejezet* a szerkezeti elemek, továbbá a föld és a sziklás kőzetek robbantási elveit, módszereit foglalja össze. Külön alfejezetben dolgozom fel a fa, a fém, valamint a téglá, kő, beton és vasbeton szerkezeti elemek, továbbá a földrobbantás elméletének és gyakorlatának fejlődését. A talajok hajító robbantásának részletes kifejtése mellett a kőzetlazító, főleg külszíni bányaművelésnél alkalmazott robbantás szabályait csak egy folyamatábrával foglalom össze. Ennek oka, hogy az ipari robbantástechnikában ma alkalmazott eljárások sokkal korszerűbbnek, környezetkímélőbbnek és gazdaságosabbnak tekinthetők a jelenlegi katonai szabályainknál, ezért külön kutatás keretében célszerű ezek honvédségi célú adaptációjának lehetőségeit feltárni, kimunkálni<sup>14</sup> (erre bemutatok egy példát az ötödik fejezetben). Ugyancsak eltekintek a föld alatti „aknaharc” tárgyalásától, annak ma már kevésbé időszerű volta miatt.<sup>15</sup> Az egyes alfejezetek eltérő tartalma miatt a részkövetkeztetések nem a fejezet, hanem az aktuális alfejezet végén találhatóak.

Az építmények robbantásából a *harmadik fejezetben* a hidak, ezen belül is a fém-, valamint a téglá-, kő-, beton- és vasbeton hidak robbantási szabályainak fejlődését, változását dolgozom fel.

A *negyedik fejezetben* az épületek, kémények és tornyok gyorsrobbantásának szabályait foglalom össze. A robbantásos terrorcselekmények során elsősorban ezeket a – már az 1900-as évek elejétől ismert – katonai módszereket alkalmazzák az elkövetők. A sikeres védekezéshez elengedhetetlenül szükséges a fenyegetés jellegét is megismernünk.

Az *ötödik fejezetben* a környezet védelmével kapcsolatos polgári és katonai szabályozás legfontosabb kérdéseit tekintem át. Kísérletekre, számításokra alapozva bemutatok néhány olyan területet, mellyel a katonai robbantásokat a jelenleginél környezetkímélőbb módon lehetne elvégezni. Ezen belül foglalkozok az alkalmazott robbantóanyagok kérdésével, esetleges új robbantóanyag(ok) katonai alkalmazhatóságával (mint a robbantástechnikában kiinduló és alapvető meghatározó tényezővel), majd vizsgálom a szerkezeti elemek és a földrobbantási feladatok mainál környezetkímélőbb módszerrel történő végrehajtásának lehetőségeit.

A *hatodik fejezet* a robbanóanyagok néhány speciális alkalmazási lehetőségéről szól. Ezen belül egy, a polgári életben alkalmazott speciális eljárás, a fémalakító robbantás honvédségi feladatokra alkalmazásának egyik lehetőségét mutatom be. Megismertük ezenkívül a jégrobbantás szabályainak és eszközeinek a fejlődésével, végezetül pedig pár példán keresztül arra is fény derül, hogy a mezőgazdaságban is eredményesen használhatók a robbanóanyagok.

A *Befejezésben* összefoglalom a könyvben foglaltakat, illetve ajánlásokat, javaslatokat fogalmazok meg a további kutatási célokra, irányokra. *A művet a csatolt 19 melléklet teszi egésszé.*

A könyv *bevezetőjében fontosnak tartom azoknak a természettudományi és műszaki alapismereteknek a bemutatását*, melyek birtokában az 1880-as évektől kezdődően a kor műszaki tisztjei – többek között – a robbantási feladatokat is tervezték.<sup>16</sup> A történeti áttekintés nem öncélú: *az ipari robbantástechnikában is mérnöki ismeretek birtokában tervezték és tervezik ma is a robbantási feladatokat a polgári szakemberek.*

Az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat<sup>17</sup> szerint:

- robbantási munka tervezésével, irányításával, ellenőrzésével robbantásvezetői képzettséggel rendelkező személy bízható meg;
- építményrobbantás tervének elkészítésével és kivitelezésével felsőfokú műszaki végzettségű, e területen szerzett legalább 3 éves robbantásvezetői gyakorlattal rendelkező személy bízható meg;
- robbantásvezetői engedélyt az kaphat, aki felső- vagy középfokú műszaki végzettségű, legalább 3 éves robbantási üzemi gyakorlatot szerzett és legalább 40 órás robbantásvezetői tanfolyamot végzett;
- a robbantásvezetői engedélyt kérelemre, a bányafelügyelet vizsgabizottsága előtt tett sikeres vizsgát követően 5 évre, a kérelemben szereplő érvényességi körre (bányászati, egyéb – szeizmikus, kohászati, víz alatti és jégrobbantási –munka; épület-, építményrobbantási munka; mélyfúrási robbantási munka; földalatti robbantási munka) a bányafelügyelet adja meg;
- az engedély kérelemre meghosszabbítható további 5 évre, robbantásvezető esetén 32 órás továbbképző tanfolyam elvégzése és a bányafelügyelet vizsgabizottsága előtt tett sikeres vizsga esetén.

<sup>14</sup> Részletesebben bemutatam néhány ezzel kapcsolatos tervezési és gyakorlati kivitelezési módszert az 1997-ben megjelent *Katonai robbantástechnika és környezetvédelem* című egyetemi jegyzetemben.

<sup>15</sup> Részletesebben írtam a témáról a *Kis akna-történelem* című cikkemben (*Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények*, 6. évf. 3. szám, 2002, 15–57.). Csak az érdekesség kedvéért jegyzem meg, hogy a II. világháborúban az orosz fronton, sőt később, a francia-indokínai háborúban, Dien Bien Phu-nál is alkalmazták még ezt a harcmódot.

<sup>16</sup> LUKÁCS László: A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Bolyai János Katonai Műszaki Kar, Katonai Műszaki Tanszéke. *Műszaki Katonai Közöny*, 2006/1–4. összevont szám, 3–12. alapján.

<sup>17</sup> 13/2010. (III. 4.) KHEM rendelet az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatról. *Magyar Közlöny*, 31. szám, 9762–9829.



*Archív hadtudományi anyagokat* kutatva<sup>18</sup> érdekes lehet az 1880–1882 között megjelent *Utásztan* című kiadványsorozat, mely az alábbi köteteket tartalmazta:

- I. – Mértan és vázolás;
- II. – Építő-anyagok és kötél-összekötések;
- III. – Föld-munkák;
- IV. – Ács-munkák;
- V. – Burkolat-munkák;
- VI. – Műútépítés;
- VII. – Vasút-építés;
- VIII. – Vízépítés és tábori hidak építése;
- IX. – Tábor-munkák.

Az I. világháborút követően először a *Ludovika Akadémián* (Üllői út), majd a *Ludovika Akadémia II. Főcsoportnál* (Hűvösvölgy) folyt a műszaki tisztek alapképzése (akkor utász, hidász, árkász megnevezéssel).

1939. október 1-jével a hűvösvölgyi tisztképző akadémia a *m. kir. Bolyai János Honvéd Műszaki Akadémia* nevet vette fel, és a háború végéig itt folytatódott a műszaki oktatás (utász, hidász, vasútépítő, fényszórós).

A Ludovika Akadémián oktatott tantárgyak közül említsük meg az alábbiakat:<sup>19</sup>

- 1920/21. tanév:
  - hídépítés;
  - földmértan;
  - felsőbb mennyiségtan;
  - felsőbb mechanika;
  - ábrázoló mértan;
  - gépszerkezettan;
  - út- és vasútépítés;
  - építésszerkezet-tan;
  - geológia.
- 1929/30. tanév:
  - felsőbb mennyiségtan;
  - ábrázoló mértan;
  - gépelemek és géprajz;
  - mechanika;
  - fizika;
  - földmértan;
  - hídépítés;
  - közlekedési vonalak tervezése és építése;
  - épületszerkezet-tan;
  - műszaki és szabadkézi rajz;
  - geológia.

A Ludovika Akadémia II. Főcsoportján 1932-ben oktatott tantárgyak közül:<sup>20</sup>

- felsőbb mennyiségtan;
- ábrázoló mértan;
- technológia;
- gépelemek és géprajz;
- mechanika;
- fizika;
- földmértan;
- hídépítés
- közlekedési vonalak tervezése és építése;
- műszaki és szabadkézi rajz;
- geológia.

<sup>18</sup> Hadtörténeti Múzeum és Könyvtár, Hadtudományi Könyvtár: *Rendeleti és Honvédelmi Közlönyök*, 1879–2006. Bővebben lásd még LUKÁCS László: *Rendeleti és Honvédelmi Közlönyök műszaki tárgyú anyagai 1879–2006. Műszaki Katonai Közlöny*, XXXIII. évfolyam, 2013/1. szám, 88–138.

<sup>19</sup> RADA Tibor: *A m. kir. honvéd Ludovika Akadémia és a testvérintézetek összefoglaló története (1830–1945)*. I. kötet, Gálós-Nyomdász Kft., Budapest, 1998, 349.

<sup>20</sup> RADA Tibor: *A m. kir. honvéd Ludovika Akadémia és a testvérintézetek összefoglaló története (1830–1945)*. II. kötet, Gálós-Nyomdász Kft., Budapest, 1998, 31.

A m. kir. Bolyai János Honvéd Műszaki Akadémia működésére megalapításától kezdve rányomta bélyegét a II. világháború. A négyéves képzési idő háromra csökkent. Figyelemre méltóak azonban dr. Bartha István m. kir. műszaki főhadnagynak erről az időszakról 1994-ben írt tanulmányának alábbi sorai: „A rövidített képzési idő igen feszített követelményeket képviselt, sőt itt-ott bizonyos kiképzési célok mellőzését kényszerítette ki. Természetesen az oktatás legmagasabb színvonala a műszaki alaptantárgyakban nyilvánult meg: ábrázoló geometriában, geodéziában, mechanikában stb., a műszaki egyetemen folyó oktatás színvonalával egyenlő mértékben. Ennek magyarázatául szolgál, hogy a kellő különleges képzettséggel rendelkező oktató tisztek alkalmazása kikerülhetetlen volt, továbbá hogy a tantárgyak anyaga alapvetően hosszabb időszak elméleti és gyakorlati tapasztalatai alapján érlelődött ki. A kiképzési idő a tantárgyaknál is több félévre terjedt ki.”<sup>21</sup>

A II. világháború befejezése után, 1949–1956 között Szentendrén, a volt Görgey Artúr Vasútépítő Ezred bázisán, a Táncsics Mihály Műszaki Tiszti Iskolán képezték a műszaki tiszteket. A Magyar Népköztársaság honvédelmi minisztere 1956-ban, a 39. számú parancsában intézkedett „több tiszti iskola egyesítéséről”, melynek keretében a „Zalka” híradó tiszti és a „Táncsics” műszaki tiszti iskolát „Zalka Máté műszaki és híradó tiszti iskola” néven összevonta. 1957-től újabb változás történt: megalakították az Egyesített Tiszti Iskolát (ETI), melybe integrálódott a műszaki tisztképzés is. Szentendrén, a bázison ez idő alatt műszaki tiszthelyettes iskola működött.

Az ETI feloszlását követően újból visszakerült Szentendrére, a Kossuth Lajos Katonai Főiskola Műszaki tanszékére a műszaki tisztek oktatása. 1968–1972 között 3 éves, műszaki technikus képzés folyt, majd 1973-tól kezdődött a 4 éves, üzemmérnöki diplomát adó képzés. Három szakon folyt a felkészítés: műszaki-útépítő, műszaki-építőgépész és műszaki-magasépítő.

1987–1990 között a megnövekedett tisztigény pótlására hivatkozva 3 éves, katonai üzemmérnök képzés folyt, majd 1991–1992 között állították vissza a polgári mélyépítő üzemmérnöki diplomát adó 4 éves képzést. Az 1993-ban életbe lépett új felsőoktatási törvényben foglalt megnevezést érvényesítve 1996-tól építőmérnöki (főiskolai) diplomával avatták a Magyar Honvédségnél szolgáló fiatal műszaki tiszteket.

A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem megalakítását követően<sup>22</sup> az Építőmérnök szakot, ezen keresztül a képzéséért felelős Műszaki tanszék a Magyar Akkreditációs Bizottság (MAB) vizsgálatát követően 1999-ben „erős” minősítéssel akkreditálták. A szak speciális képzési céljaként az alábbi követelményt fogalmazták meg: olyan felsőfokú végzettségű mérnök tisztek képzése, akik alkalmasak az építőmérnöki tevékenység (mélyépítés, közlekedésépítés, közműépítés, szerkezetépítés), továbbá a harcok műszaki feladatok (robbantás, műszaki zárás, erődítés, álcázás, vízi átkelés) felsőfokú szakképzettséget igénylő feladatainak megoldására.

Igazodva a Bologna-folyamat követelményeihez, továbbá a Honvédelmi Minisztérium által megfogalmazott elváráshoz, mely szerint a szak/szakirány választására csak a képzés második tanévének végén kerüljön sor, 2004-ben kidolgozták a Had- és Biztonságtechnikai Mérnöki (BSc.) alapszak Műszaki, katasztrófavédelmi és közlekedési szakirány programját.<sup>23</sup> A szakirányon belül a műszaki és katasztrófavédelmi specializáción folyó képzés kötődött a tanszékhez.

A műszaki specializáción történő képzés célja volt: a Magyar Honvédség műszaki csapatai, szakalegységei (szárazföldi erők, légierő és a támogató szervezetek) számára az első tiszti beosztásban (szakaszpáncsnok) megkövetelt általános katonai (vezetői) és szakmai ismeretekkel, jártasságokkal és képességekkel rendelkező tisztek képzése, a megrendelő aktuális igényei szerint harcok műszaki (utász, zártelepítő, deszantátkelő és pontonos, tüzserész stb.), építő műszaki (út- és hidépítő, infrastrukturális, repülőtér-karbantartó és -helyreállító stb.), műszaki technikai és műszaki fenntartási területeken (modulok). Ez a képzés továbbra is biztosította azoknak a természettudományos (többek között a matematika és a mechanika és tartószerkezetek – ez utóbbi összevont – szigorlat), valamint a mérnöki ismereteknek (anyagtudomány, geodézia, mérnökgeológia és talajmechanika, épületszerkezetek, földművek, alapozás stb.) az oktatását, melyek – többek között – a robbantási feladatok tervezéséhez is elengedhetetlenül szükségesek voltak.

A Nemzeti Közsolgálati Egyetem 2012. január 1-jei megalakítását követően az intézménynél befejeződött a hadmérnök-képzés. Az újonnan alapított Katonai vezetői alapszakon belül a jövő műszaki tisztjei elsősorban menedzseri jellegű képzésben részesülnek.

<sup>21</sup> RADA TIBOR: *A m. kir. honvéd Ludovika Akadémia...*, i. m., II. kötet, 74.

<sup>22</sup> A Kossuth Lajos Katonai Főiskolát és a szolnoki Repülőtiszti Műszaki Főiskolát vonták össze a Katonai Akadémiával, és lett belőlük az egyetem két kara: a Hadtudományi, valamint a Vezetés- és szervezéstudományi.

<sup>23</sup> A szakirány felelőse 2010. október 10-ig dr. Lukács László ny. mk. alezredes volt, majd lemondását követően dr. Kovács Zoltán okl. mk. őrnagy vette át a feladatot, a szakirány megszüntetéséig.



# 1. A robbanás, a robbantóanyagok fejlődése

A fejezetben – a honi ipari robbantástechnikában elfogadott terminológiát alapul véve – a robbantóanyag fogalma alatt a robbanóanyagokat és a robbantószerkeket összefoglalóan értjük. (Ezen belül robbantószer a töltet közvetlen iniciálására szolgáló anyag vagy szerkezet: azaz gyutacs, időzített gyújtószinór és robbanószinór stb.).<sup>24</sup> Tesszük ezt azért, mert a katonai szakterminológiában az egyes korokban jelentős az eltérés a megnevezésekben.

Az 1899-ben megjelent *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához*<sup>25</sup> (a továbbiakban: *Vezérfonal*) „robbanó- és gyúszter”-ről ír. Az 1902-ben kiadott *E–23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára*,<sup>26</sup> valamint az 1915-ben megjelent *E–39,b. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára*<sup>27</sup> a „robbantó és gyújtó eszközök és ezek tartozéka”-t említi, míg Schaffer 1903-ban kiadott könyvében<sup>28</sup> (a továbbiakban: *Kézikönyv*) a „robbantó anyag” fogalma alatt a mai robbanóanyagot értette, és az iniciáláshoz „gyújtószer”-t használt.

Ugyancsak 1903-ban Arday<sup>29</sup> a robbanóanyag megnevezést használja, míg az 1928-ban kiadott *E–34. Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára. 2. Füzet – Robbantások*<sup>30</sup> (a továbbiakban: *Műszaki oktatás*) „robbantóanyag”-ról, valamint „gyújtószerkezetek és gyújtóeszközök”-ről ír. 1950 óta pedig a robbanóanyagok, gyújtószerkezetek és gyújtási segédeszközök (kábelek, szerszámok, műszerek) elnevezést alkalmazza a katonai robbantástechnikai terminológia.<sup>31</sup>

## 1.1. A robbanás fogalma, a kémiai robbanás feltételei

*Robbanásnak nevezünk egy anyagi rendszer igen gyors szétomlását, ha az nagy energiamennyiség felszabadulásával jár együtt.*

A robbanást a jellege szerint az alábbi három nagy csoportra lehet bontani:

1. *Fizikai robbanás*, amikor az anyagnak csak a fizikai állapota változik meg, a kémiai összetétele változatlan marad, vagyis a felhalmozott mechanikai energia robbanásszerű felszabadulásáról van szó. Ilyen például a gázpalack robbanása, de extrém méretekben ez történt Indonéziában, a Szunda-szorosban, a Szumátra és Jáva között fekvő Krakatoa sziget híres-hírhedt Krakatau vulkánjának 1883-as, robbanásos kitörésekor is. A vulkáni tevékenység során nagy sűrűségű, ugyanakkor nagy gáztartalmú láva emelkedett fel a mélyből nagy sebességgel. Mivel a krátert lezáró „dugó” kilövésére már nem volt mód, a hatalmas nyomás következtében a 798 méterrel a tengerszint fölé emelkedő hegy kúpja szétrobbant, a sziget északi része eltűnt, melynek a helyén egy 300 m mély explóziós kaldera keletkezett. Mintegy 15 km<sup>3</sup> (!) anyag emelkedett a levegőbe, a robbanás hangja pedig hallható volt a 4500 km távolságban fekvő Ausztráliában is. A robbanás nyomán keletkező szökőár kb. 36 000 embert ölt meg Nyugat-Jáván. A finom vulkáni por 80 km magasságig száll fel, és még hónapokig különös optikai jelenségeket okozott világszerte.<sup>32</sup>

<sup>24</sup> *Robbantástechnikai terminológia – A robbantástechnika időszzerű kérdései*. 5. sz. füzet. Az OMBKE Robbantástechnikai Szakbizottság kiadványa, Budapest, 1980.

<sup>25</sup> *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához – fordítás*. Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899. Bevezetve a 4334/eln. rendelettel, 1899. VI. 18. *Rendeleti Közlöny*, 170.

<sup>26</sup> *E–23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára*. Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest, 1902. Bevezetve a 2388/eln. rendelettel, 1902. IV. 7. *Rendeleti Közlöny*, 95.

<sup>27</sup> *E–39,b. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára – tervezet*. Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest, 1915.

<sup>28</sup> SCHAFER Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903.

<sup>29</sup> ARDAY Géza m. kir. honvédszázados: *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése*. Szent Erzsébet Nyomda Részvénytársaság, Kassa, 1910.

<sup>30</sup> *E–34. (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I. rész*. M. kir. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1928.

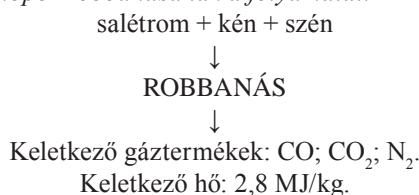
<sup>31</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950; *E–mü.1. Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950; *Mü/2 Robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965; *Mü/213 Robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971.

<sup>32</sup> *Magyar Nagylexikon, 11. kötet (Kir-Lem)*. Magyar Nagylexikon Kiadó, Budapest, 2000, 527.

2. *Atommag-átalakulás jellegű robbanás*, amely létrejöhet maghasadás vagy magfúzió (termonukleáris energia) következtében.
3. *Kémiai jellegű robbanás*, amely további két nagy csoportra osztható:
  - Térrobbanásra, melyben a részt vevő anyagok közül legalább az egyik gáz-halmazállapotú. Ilyen például a katonai gyakorlatban alkalmazott aerosol robbanóanyagok robbanása is, ahol a zárt tartályból szétporlasztott – rendszerint szénhidrogén alapú – anyag a levegőből elvont oxigénnel alkot robbanó elegyet. Ugyancsak térrobbanás valamely gáz vagy gőz gyors kémiai bomlása is, például az acetilén gáz szétesése szénre és hidrogénre.
  - Kondenzált fázisú robbanásra, mely a hagyományos ipari és katonai robbanóanyagok robbanásakor játszódik le, és az anyag kémiai összetételének megváltozásával jár.

A kondenzált fázisú robbanásnál a nagy hőfejlődéssel járó kémiai reakció igen nagy sebességgel játszódik le.

*Példaként tekintsük a feketelőpor robbanásának a folyamatát:*



A keletkezett termékek kb. 45%-a gáznemű anyag, melyek a magas hőmérséklet hatására (kb. 2400 °C) hirtelen felmelegednek, kitágulnak, és nagy nyomást fejtenek ki a környezetre.

A robbanás erejét, romboló hatását az alábbi tényezők határozzák meg (a robbanóanyag-iparban ezeket változtatgatva állítanak elő különböző robbantási feladatokhoz más-más tulajdonságú robbanóanyagokat):

- az átalakulás sebessége;
- a képződő gázok mennyisége;
- a felszabaduló hőmennyiség.

A kémiai robbanás bekövetkezéséhez az alábbi feltételeknek kell teljesülniük:

- a) A megfelelő *iniciálással (aktiválási energia)* elindított kémiai átalakulás során *számottevő energia (reakcióhő)* szabaduljon fel, amely legyen elegendő a teljes anyagmennyiség aktiválásához, az úgynevezett „láncreakció” elindításához. másképp kifejezve: *legyen a folyamat önfenntartó.*
- b) Legyen nagy az *átalakulás sebessége, azaz a reakciósebesség.* A robbanóanyagok kémiai összetételétől függően az alábbi átalakulási sebességek különböztethetők meg:
  - *Detonáció vagy elsőrendű robbanás.* Ez a robbanóanyagok robbanása, melynek sebessége 1–10 km/s vagy még nagyobb.
  - *Explózió vagy másodrendű robbanás.* Például a feketelőpor robbanása. Ennek sebessége 100–1000 m/s.
  - *Lobbanás vagy gyorségés.* Például a löporgázok égése a fegyver csövében. Sebessége cm/s-tól néhány m/s-ig terjedhet.
  - *Deflagráció vagy égés.* Fojtás nélküli, aránylag lassú, lángoló égés. Sebessége m/s nagyságrendű.
- c) A robbanáskor keletkező reakciótermékek legyenek részben vagy egészben *gázok vagy gőzök* (nem összetévesztendő a térrobbanásnál tárgyaltakkal: itt a kémiai reakció folyamán alakulnak át a robbanóanyag alkotórészei gáz- és gőz halmazállapotúvá). A felszabaduló gáztermékek lehetnek:
  - CO<sub>2</sub>, CO;
  - N<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO;
  - H<sub>2</sub>O (a magas hőmérséklet miatt természetesen vízgőz formájában).
- d) Legyen *jelentékeny a gázalakú robbanástermékek térfogata és nyomásnövekedése.*

## 1.2. A robbanóanyag fogalma, a robbanóanyagok felosztása

A következő oldalakon bemutatjuk a robbanóanyag fogalmának és a robbanóanyagok felosztásának alakulását, változását az egyes korok katonai robbantási szabályzataiban, utasításaiban. Az alfejezet végén bemutatjuk az ipari robbantástechnikában alkalmazott fogalmakat és a robbanóanyagok csoportosítását is, külön kitérve az eltérő körülményekből és követelményekből fakadó különbözőségekre.

A téma tárgyalása előtt fontosnak tartjuk az *adott kor történelmi háttérének bemutatását*. A ki-egyezőst követően az Osztrák–Magyar Monarchia egy Közös Minisztériumot hozott létre, melynek 1867. december 24. és 1918. december 12. közötti működése során a két tagállam ügyeit közös külügy-, hadügy- és pénzügyminiszter intézte. „A közös külügy- és pénzügyminisztérium élén 1870 májusától váltakozva magyar, illetve osztrák miniszter állt. A közös hadügyminisztériumot mindig osztrák tábornok vezette.”<sup>33</sup>

A közös hadseregnek megfelelően a robbantóanyagokkal történő ellátás és a robbantástechnológia is közös volt, a magyar nyelvű szabályzatok az osztrák alpművek fordításai voltak. Az 1800-as években forradalmi változások történtek a robbantóanyagok fejlesztése terén, a napjainkban is alkalmazott alapvető robbantóanyagok jelentős részének felfedezése erre az időszakra tehető. Az Osztrák–Magyar Monarchia katonai szakemberei jelentős eredményeket értek el ezen a téren, példaként Fülöp Hess, Trauzl Izidor és Zubovits Fedor nevét említjük meg.

Fülöp Hess a közös hadseregben altábornagyi rendfokozatig jutott. 1898-ban Bécsben jelent meg *Über Sicherheits Sprengstoffe und methoden ihrer erprobung (Biztonságos robbantóanyagokról és azok kipróbálásának módszereiről)* című könyve. Neve a robbantóanyagok vizsgálatában végzett kutatásai (Hess-féle döngölőpróba és ingás erőmérő), valamint a „pillanatnyi durranózsínór gyújtózsínór” felfedezése által vált ismertté.

Trauzl Izidor 1869-ben mint műszaki főhadnagy Angliában a tűzérési lögyapotot vizsgálta. Ennek eredménye volt a nevéhez fűződő lögyapot dinamit feltalálása. 1870-ben jelent meg *Explosive nitrilverbindungen* című könyve. 1885-ben kilépett a hadseregből, és a Dinamit Rt. műszaki vezérigazgatója lett. 1886-ban megjelenik *Sprengel's seuere Explosivstoffe und Hellhoffit* című könyve; ekkor tartalékos százados és a Ferencz József-rend lovagja. Nevéhez fűződik a mai napig alkalmazott ólomhengeres robbantóanyag-vizsgálat.<sup>34</sup>

A mai szárazföldi telepítésű aknák elődje volt a szárazföldi torpedó, melynek fejlesztésében Zubovits Fedor vállalt jelentős szerepet. A *Pallas Nagylexikonban* az alábbiak olvashatók erről az eszközről: „Szárazföldi torpedónak oly robbanó testeket neveztek, melyeket első ízben az észak-amerikai polgárháborúban Charlestown ostrománál, 1870. pedig Páris védelménekél használtak. Ez egy robbantóanyaggal telített vas- vagy faedény, mely utakon, útszorosokon, stb. elásva, oly szerkezettel bír, hogyha egy csapat reája lép, felrobban. E torpedónak további fejlesztése Zubovits Fedor honvéd huszárszázados érdeme, ki a csapatok által vihető 2 kg. robbantó gelatint tartalmazó repülő torpedót, tábori erődítéseknel használt, 10 kg. robbanó anyaggal ellátott torpedót és állandó erődítéseknel alkalmazott 15 kg. gelatintöltetű torpedókat készített. Torpedói, minőségük szerint, a reátaposás folytán bizonyos akadálytárgyak eltávolításánál vagy pedig villamosság által tetszés szerinti pillanatban, végre egy szabályozható óramű-szerkezet segítségével, előre meghatározott időben robbannak. Zubovits torpedóit több állam használja.”<sup>35</sup>

Az alfejezet elkészítése során a kor katonai szabályzatain felül két további alpműre támaszkodtunk. Az egyik Arday Géza m. kir. honvédszázados *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése* című könyve (1910), a másik pedig Schaffer Antal *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve* (1903). Ez utóbbi, bár civil szerző műve,<sup>36</sup> ugyanakkor előszavában jelzi, hogy a megírás során felhasználta „az osztrák és magyar utászcsapat által használt Technischer Unterricht”.

Az első katonai szabályzatokban (*Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához – 1899, valamint E–23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára – 1902.*) nem találkozunk a robbanás, a robbantóanyagok definiálásával. Arday Géza m. kir. honvédszázados 1903-ban megjelent könyvében arról ír, hogy „a magyar szakirodalomban a robbantóanyagok technológiája – sajnos – úgyszólván teljesen ismeretlen”.<sup>37</sup> Ennek okát abban látja, hogy „Magyarország-Ausztriában (...) a lőpor és a robbantóanyagoknak a gyártása nem képez szabad iparágat, hanem azt az állam katonai felügyelet alatt monopolizálja, amiért is ezen ismeretterjesztésnek gyakorlati része a gyártelep *khinai* falain túl nem terjedhet”.<sup>38</sup>

Arday ezek után részletesen bemutatja a robbanás jellemzőit. Szerinte „robbanó anyag elnevezése alatt bármely halmazállapotú test érthető, amely bizonyos körülmények között u. m.: mechanikai hatás,

<sup>33</sup> *Uo.*, 514.

<sup>34</sup> BAgI Szilárd: Az Osztrák–Magyar Monarchia és a magyar honvédség műszaki tisztjei a robbantástechnika szolgálatában. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2000/1–4. szám, 88–111.

<sup>35</sup> *Pallas Nagy Lexikona*, <http://mek.oszk.hu/00000/00060/html/101/pc010159.html#1> (a letöltés ideje: 2016. 10. 03.)

<sup>36</sup> Királyi főmérnök, műszaki tanácsos, a dunabogdányi és visegrádi m. kir. kincstári kőbánya kezelésének főnöke Visegrádon, a Magyarhoni Földtani Társulat tagja.

<sup>37</sup> ARDAY Géza m. kir. honvédszázados: *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése*. Szent Erzsébet Nyomda Részvénytársaság, Kassa, 1910, 1.

<sup>38</sup> *Uo.*, 2.

hőmérsékleti különbség vagy a testeknek egymásra gyakorolt *chémiai* hatása alatt stb. nagy mennyiségű gázt hirtelen képes fejleszteni és ezáltal nagy munkát végrehajtani”.<sup>39</sup>

A robbanóanyagokat a „robbanó hatás szerint” három csoportra bontja, úgymint „1. az impulzív robbanó anyagok, 2. a brizáns (lobbanó) robbanó anyagok, és a 3. fulmináns robbanó anyagok”. Az „impulzív robbanó anyagok (indítólökésű) elnevezése alatt oly robbanó készítmények értendők, melyeknek meggyulladás hőmérséklete magas ugyan, de aránylag lassan égnek el”.<sup>40</sup> Ezért ezeket a ma ballisztikus vagy tolóhatásúnak nevezett robbanóanyagokat akkoriban tűzérési lövedékek hajtóanyagaként, továbbá föld alatti aknáknál alkalmazták. „A brizáns robbanó anyagoknál a meggyulladás hőmérséklet szintén magas ugyan, de aránylag gyorsan és hevesen égnek el. Csak robbanó anyagul használatnak.”<sup>41</sup> A brizáns robbanóanyagoknál Arday külön kiemeli, hogy csak „nagy nyomás által robbantatnak fel, meggyújtva elégnak. A fulmináns robbanó anyagok csoportjába azon testek tartoznak, amelyek már alacsony hőmérsékletnél is könnyen robbannak, ami mindenkor igen nagy gyorsasággal és nagy gázfejlődés mellett történik. Rendszerint a többi robbanó testek felrobbantására szolgálnak. A legcsekélyebb mechanikai hatásra már felrobbannak.”

A ma primer vagy iniciáló robbanóanyagként ismert robbanóanyagok leírásakor Arday abban téved, hogy szerinte ezek a robbanóanyagok a nagy gázfejlődés révén képesek megfelelő indító impulzust adni a stabilabb brizáns robbanóanyagok felrobbantásához. Ha összehasonlítjuk három iniciáló és két brizáns robbanóanyag négy, ebből a szempontból mérhető adatát, a detonációsebességet,<sup>42</sup> a fajlagos gáztérfogatot,<sup>43</sup> a robbanáshőt<sup>44</sup> és a munkavégző képességet mérő Trauzl-próba<sup>45</sup> eredményét, akkor látjuk, hogy ez az állítás téves.

1. táblázat

*Iniciáló és brizáns robbanóanyagok jellemzőinek összehasonlítása*<sup>46</sup>

Robbanóanyag/ Jellemző	Iniciáló			Brizáns	
	Durranóhigany	Ólomazid	TNRSZ (tricinát)	TNT	Tetrit
Sűrűség [g/cm <sup>3</sup> ]	4,42	4,8	3,0	1,47–1,64	1,73
Detonációsebesség [m/s]	5400	5300	5200	6700	7570
Robbanáshő [kJ/kg]	1486	2866	1549	5066	5527
Gáztérfogat [l/kg]	–	308	470	620	672
Útésérzékenység [J]	1,0	1,2	2,5–5,0	15,0	3,0
Trauzl-próba [cm <sup>3</sup> ]	130	110	130	300	410

Az ugyancsak 1903-ban megjelent, Schaffer Antal-féle *Kézikönyv*<sup>47</sup> szerint: „Robbantó anyagnak neveznek (...) minden oly anyagot, mely meggyújtás, felhevítés vagy bármilyen hatás következtében igen rövid, de rendszeren alig mérhető időn belül nagy mennyiségű gázokat fejleszt, melyek ezen vegyfolyamatnál felszabaduló meleg következtében hirtelenül nagy mértékben kitérülve, *feszültségek* folytán munkát fejtenek ki (...) Minél rövidebb az időtartam, melyen belül bizonyos tömeg felrobban, minél nagyobb a robbanásnál fejlődő gázok mennyisége és mentől jelentékenyebb azok hevítése, annál hatásosabb a robbanó anyag, azaz: annál nagyobb erőt fejtenek ki a nagy feszültségű gázok.”<sup>48</sup>

A *Kézikönyv* a robbanóanyagokat két csoportra osztja, úgymint igen erős hatásfokúak<sup>49</sup> (igen brizánsak) és kevésbé erős hatásfokúak (kevésbé brizánsak). Az előbbi csoportba sorolja a „robbanékony nitrotestek”-et és az „ezekből gyártott robbantó szerek”-et (például dinamitok, lögyapot), az utóbbiba

<sup>39</sup> *Uo.*, 3.

<sup>40</sup> *Uo.*, 6.

<sup>41</sup> *Uo.*, 7.

<sup>42</sup> A detonációs front lineáris terjedési sebessége a robbanóanyagban a legfontosabb jellemző, mert ismeretében a robbanóanyag robbanási tulajdonságai becsülhetők meg.

<sup>43</sup> 1 kg robbanóanyag gáztermékeinek térfogata 1 bar nyomáson és 0 °C hőmérsékleten.

<sup>44</sup> 1 kg robbanóanyag tökéletes robbanási átalakulása során állandó térfogat mellett felszabaduló, elméletileg meghatározott hőmennyiség.

<sup>45</sup> 10 g robbanóanyag robbanásakor fejlődő gázok munkavégző képessége egy ólomhengerben (Magyarországon, a volt Bányászati Fizikai Kutató Intézetben – Tatabánya – kifejlesztették a módszer alumíniumhengerben alkalmazható változatát is).

<sup>46</sup> A szerző által készített táblázat.

<sup>47</sup> SCHAFER Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903.

<sup>48</sup> *Uo.*, 17.

<sup>49</sup> „A robbanékony anyagok hatásfoka, a tömegegységnek valamely meghatározott időegységben kifejtett munkája”. *Uo.*, 18.

a „fekete lövőpor”-t és „annak összes helyettesítői”-t. A robbanóanyagok részletes bemutatásakor viszont a Hess-féle<sup>50</sup> osztályozást követi, mely szerint vannak „közvetlenül felrobbantható” (feketelőpor és vele rokon anyagok) és „közvetve explodáló anyagok” (például robbanógyapot, nitroglicerin, dinamit, repesztő zselatin, ekrazit, „durranó kéneső”,<sup>51</sup> füst nélküli és gyérfüstű lőporok és a biztonsági robbanóanyagok, úgymint a roburit, ammonit, bellit, securit stb.).

Az 1926-ban kiadott *E-32. Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára*<sup>52</sup> az alábbi meghatározást adja a robbanóanyagra: „Oly szilárd vagy cseppfolyós anyagokat, melyek kívülről jövő behatás (hő vagy mechanikai hatás) következtében igen gyorsan nagy tömegű és magas hőmérsékletnél nagy feszültségű gázzá alakulnak át, robbantó anyagoknak, és ha már külön robbantási célokra csomagolva is vannak, robbantószerkezeteknek hívjuk.”<sup>53</sup>

A „robbantószerkezet” a robbanás gyorsasága szerint osztotta fel lassan robbanókra (fekete és füst nélküli lőpor) és hirtelen robbanókra vagy másképpen brizánsokra (dinamitfélék, ekrazit, trinitrophenol és trinitrotoluol készítmények, ammonsalétromos robbanóanyagok, folyékony levegő).

Az *E-34. Műszaki oktatás* (1928)<sup>54</sup> már összetettebben fogalmaz, mint a nem műszakiak számára íródott társa: „A robbanás olyan vegyi folyamat, melynél nagy hőfejlődés mellett, igen rövid idő alatt, nagymennyiségű gáz képződik. Azokat az anyagokat, melyeknél ez a vegyi folyamat létrehozható, robbantó anyagoknak nevezzük.”<sup>55</sup>

A „robbantó anyagokat” hatásuk és felhasználásuk szerint szintén két csoportra osztja, úgymint lassú (ballisztikus) és heves (brizáns)<sup>56</sup> hatásúakra. Az egyes kategóriákon belül a fent ismertetett robbanóanyagok kerültek bemutatásra.

A *Haditechnikai ismeretek I. kötete* (1929)<sup>57</sup> a *Műszaki oktatásban* (1928) foglaltak szerint tárgyalta a kérdést.

Az 1950-ben kiadott *Robbantási segédlet* (a továbbiakban: *Segédlet*)<sup>58</sup> a következőket írja: „Robbanóanyagoknak nevezzük azokat az anyagokat, vagy elegyeket, amelyek bizonyos külső hatásra egy pillanat alatt felbomlanak és belőlük nagymennyiségű erősen felhevített gáz képződik. (...) A robbanás romboló hatása annál nagyobb, minél gyorsabban zajlik le, továbbá minél több és minél magasabb hőfokú gáz keletkezik.”<sup>59</sup>

A robbanóanyagokat a rombolandó közegre kifejtett hatásuk szempontjából iniciáló (indító), brizáns (heves) és ballisztikus (toló hatású) kategóriákba sorolta. A brizáns robbanóanyagok csoportját azok hatóereje alapján tovább bontotta magas, közepes és alacsony hatóerejűekre. Az egyes kategóriákba az alábbi robbanóanyagokat sorolta:

- Iniciáló robbanóanyagok: durranóhigany, ólomazid, trizinát (vagy TNRSZ, teneresz).
- Magas hatóerejű brizáns robbanóanyagok: ten (nitropenta), tetrit, hexogén.
- Közepes hatóerejű brizáns robbanóanyagok: trotil (TNT), melinit (pikrinsav) és a francia keverék (80% melinit, 20% dinitronaftalin).
- Alacsony hatóerejű brizáns robbanóanyagok: a különféle ammonsalétromos robbanóanyagok (például amatolok, ammonitok, dinamonok).
- Ballisztikus robbanóanyagok: a feketelőpor.

Az ugyancsak 1950-ben megjelent *E-mű. 1. Ideiglenes robbantási utasítás*<sup>60</sup> a *Segédlet*nél pontosabban határozza meg a robbanóanyag fogalmát: „Robbanóanyagoknak nevezzük azokat a vegyi anyagokat, vagy anyagok keverékét, amelyek külső behatásra igen gyors kémiai változáson mennek át,

<sup>50</sup> Osztrák–magyar ezredes.

<sup>51</sup> Durranóhigany.

<sup>52</sup> *E-32 (Műsz. okt.) Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára + Ábrafüzet*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1926. Bevezetve: 17530/eln. rendelet, 1926. XII. 1. *Honvédségi Közlöny*, 29. szám, 232.

<sup>53</sup> *Uo.*, 131.

<sup>54</sup> *E-34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I–II. rész + Mellékletek*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928–1929. Bevezetve: 5281. eln. rendelet, 1928. IV. 30. *Honvédségi Közlöny*, 10. szám, 73.

<sup>55</sup> *Uo.*, 31.

<sup>56</sup> „A robbanásnál keletkező nyomás bizonyos (rövid) idő alatt éri el legnagyobb értékét. A legnagyobb érték elérésének gyorsaságát a robbanóanyag hevességének (brizánságának) nevezzük.” *Uo.*, 3. pont, 31.

<sup>57</sup> SCHMOLL Endre: *Haditechnikai ismeretek I. kötet*. A szerző kiadása. Budapest, 1929.

<sup>58</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950. Bevezetve: 577/Elnökség–1950. rendelet, 1950. V. 19. *Honvédségi Közlöny*, 14. szám, 289.

<sup>59</sup> *Uo.*, 4.

<sup>60</sup> *E-mű. I. Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950. Bevezetve: 2.278/Elnökség–1950. rendelet, 1950. XII. 13. *Honvédségi Közlöny*, 1. szám, 1.



miközben magas hőfokú és nagymennyiségű, erősen felhevített gáz fejlődik, ami munka végzésére képes.<sup>61</sup>

A robbanóanyagokat kétféleképpen osztályozta, melyből a gyakorlati alkalmazás szerinti csoportosítás megegyező a *Robbantási segédlet*ben tárgyaltakkal,<sup>62</sup> míg a másik a vegyi összetétel szerinti, mely szerint megkülönböztetünk:

- robbanó vegyületeket (például ólomazid, TNRSZ, trotil, hexogén, tetril, melinit, ten stb.);
- robbanó elegyeket vagy keverékeket, „amelyek két vagy több, egymással vegyileg össze nem kapcsolt anyagból állnak”<sup>63</sup> (például ammonsalétromos robbanóanyagok, dinamitok, klorátok, feketelőpor stb.).

A gyakorlati alkalmazás szerinti csoportosításon belül az egyes robbanóanyagok felsorolásakor a magas hatóerejű kategória a hexotollal és a robbanó zselatinnal (93% dinamit), a közepes hatóerejű a 62%-os dinamittal, az 50–50-es amatollal,<sup>64</sup> az ammonállal és az L öntvényel (TNT és xilil öntvénye), az alacsony hatóerejű pedig az amoxillal, a dinaftalittal és a kloratittal bővült a *Robbantási segédlet*ben foglaltakhoz képest. A ballisztikus robbanóanyagok között pedig újból megjelenik a füst nélküli lőpor.

A *Robbantások* című (eredetileg titkos) minisztériumi kiadvány (1953)<sup>65</sup> megint más formáját adja a robbanóanyag meghatározásának: „Robbanóanyagoknak olyan vegyületeket vagy keverékeket nevezünk, amelyek nagy kémiai energiakészletet rejtnek magukban és nagy hőkiválás, illetve nagymennyiségű gázképződés kíséretében rendkívül gyorsan fel tudnak bomlani.”<sup>66</sup>

A robbanóanyagok kétféle csoportosítása megegyezik az *Ideiglenes utasítás* (1950) vonatkozó (fent bemutatott) pontjával.

Az 1965-ben kiadott *Mű/2. Robbantási utasítás*<sup>67</sup> jelent meg az a definíció, melyet aztán 1971-es társa, a *Mű/213. Robbantási utasítás*<sup>68</sup> is átvett: „Robbanóanyagoknak azokat a vegyületeket vagy keverékeket nevezzük, melyek meghatározott külső behatásokra gyors kémiai átalakulásra képesek, miközben nagymennyiségű és nagy nyomású gázok képződnek, mely gázok kiterjedésük közben mechanikai munkát fejtenek ki.”<sup>69</sup>

A robbanóanyagok csoportosítását gyakorlati alkalmazásuk szerint végzi el mindkét utasítás, mely tartalmát tekintve megegyező a *Robbantási segédlet*nél bemutatott „rombolandó közegre kifejtett hatás” szerinti felosztással. Az egyes kategóriáknál új, közepes hatóerejű brizáns<sup>70</sup> anyagként jelenik meg a plasztikus robbanóanyag, míg az alacsony hatóerejűek közé az ammonitokat, dinamonokat és ammonálokat sorolják.<sup>71</sup>

Mint látható, a katonai robbantástechnikában megjelenő robbanóanyag-definíció koronként változott, bár sok azonosság található az egyes meghatározások tartalmában.

Az *ipari robbantástechnikában elfogadott* megfogalmazás szerint a „robbanóanyag: szilárd vagy folyékony halmazállapotú anyag vagy ezek keveréke, amely kémiai reakció révén képes arra, hogy olyan sebességgel fejlesszen gázt, ami elegendő hőmérsékletű és akkora nyomáshullámot hoz létre, hogy a környezetben károsodást idéz elő”<sup>72</sup>.

<sup>61</sup> *Uo.*, 5. pont, 5.

<sup>62</sup> A *Segédlet* nem adta meg a brizancia fogalmát, az *Ideiglenes utasítás*ban viszont újból találkozunk vele: „Brizánság alatt a robbanóanyag hevességét értjük, mely (...) mindenképp előtt a robbanás hevességétől, de (...) a robbanási nyomás nagyságától is függ.” *Uo.*, 8. pont, 7–8.

<sup>63</sup> *Uo.*, 10/1. pont, 10.

<sup>64</sup> Érdekes, hogy míg a *Segédlet* az 50–50-es amatollt az alacsony hatóerejű robbanóanyagoknál tárgyalta, addig az *Ideiglenes utasítás* ezt a robbanóanyagot átminősítette a közepes hatóerejű kategóriába.

<sup>65</sup> *Robbantások*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1953.

<sup>66</sup> *Uo.*, 8.

<sup>67</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965. Bevezetve az MNVK 7. Önelló Osztály közleményével, 1965. 10. 30. *Honvédségi Közlöny*, 5. szám, 48–49.

<sup>68</sup> *Mű/213. Robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971. Bevezetve: MNVK 7. Önelló Osztály közleménye (HK.2.), 1972. III. 20., 21–22.

<sup>69</sup> *Uo.*, 14. pont, 7.

<sup>70</sup> „Brizánság alatt a robbanóanyagoknak a velük érintkezésben lévő tárgyakra ható (...) zúzóképeségét értjük. A robbanóanyag brizánsága detonációjának sebességétől függ.” (*Mű/2.*, 389. és *Mű/213.*, 345.)

<sup>71</sup> Az alfejezetben említett, a Magyar Honvédségnél alkalmazott katonai robbanóanyagok részletesebb bemutatására a 1.1.3. alfejezetben kerül sor.

<sup>72</sup> 3/2010. (III. 4.) KHEM rendelet az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatról. I. fejezet. Értelmező rendelkezések, 2. §. 28. pont. *Magyar Közlöny*, 2010/31. szám, 9764.

Az 1.1. alfejezetben már bemutattuk a kémiai robbanás feltételeit. Amennyiben egy anyag mindezen kitételeknek megfelel, úgy joggal nevezhető robbanóanyagnak, ezért egy többszörösen bővített összetett mondatba sűrítve ezeket, megalkothatjuk az alábbi meghatározást:

*Robbanóanyagnak az olyan gyakorlatilag hasznosítható vegyületeket (elegyeket, olvadékokat) nevez-zük, amelyek a megfelelő kezdőgyújtás (aktiválási energia) hatására bekövetkező önfenntartó (exoterm) kémiai átalakulás (reakció) során, hirtelen (százezred másodperc alatt) magas hőmérsékletű és igen nagy nyomású, főleg gáztermékekkel alakulnak át, melyek kiterjedésük közben rendkívül nagy teljesítményű munkát végeznek, és környezeti hatást váltanak ki.*

A kémiai reakció rendszerint égési (oxidációs) folyamat. Az oxidációhoz pedig éghető anyag (szén és hidrogén), valamint kellő mennyiségű oxigén szükséges. A robbanóanyagoknál azonban kiemelt követel-mény, hogy a kémiai reakció százezred másodperces időtartam alatt menjen végbe. A nagy reakciósebesség miatt az égés kívülről nem táplálható, ezért a robbanóanyagok az égéshez szükséges összes elemet (az oxigént is) önmagukban tartalmazzák (az oxigén rendszerint a nitrogénhez kapcsolódik, amely „fogla-latot” képez számára). Ez a tulajdonságuk különbözteti meg a robbanóanyagokat a tüzelő- és motorhajtó anyagok – egyébként jelentősen nagyobb kalóriájú – csoportjától. Ez egyben cáfolata annak a gyakori véleménynek is, amely szerint a robbanás romboló hatásának fő oka a robbanóanyagokban rejlő hatalmas „energiatartalék” (mint például az 1953-as *Robbantások* című kiadványban is olvashattuk). Ezt rögtön be is bizonyíthatjuk, ha összehasonlítjuk 1 kg fűtőanyag égéshőjét 1 kg robbanóanyag robbanáshőjével (2. táblázat).

2. táblázat

*1 kg fűtőanyag égéshője és 1 kg robbanóanyag robbanáshője<sup>73</sup>*

Fűtőanyagok égéshője		Robbanóanyagok robbanáshője	
fa	18,9 MJ	feketelőpor	2,9 MJ
benzin	42,0 MJ	nitroglicerin	6,3 MJ
antracit	33,5 MJ	trottil	4,2 MJ

Vagyis 1 kg nitroglicerin robbanásakor az 1 kg kőszén elégeésekor keletkező energia ötöde, míg 1 kg trotil robbanásakor csak a nyolcada szabadul fel.

Az összehasonlítás akkor sem javul sokat, ha a fűtőanyagoknál az égéshőt az égéshez szükséges oxi-génnel vett keverék 1 kilogrammjára állapítjuk meg (tekintve, hogy a robbanóanyagoknál is a reakcióhoz szükséges oxigénnel együtt vett értékkel számoltunk).

3. táblázat

*Fűtőanyagok égéshője az égéshez szükséges oxigénnel vett keverék 1 kg-jára*

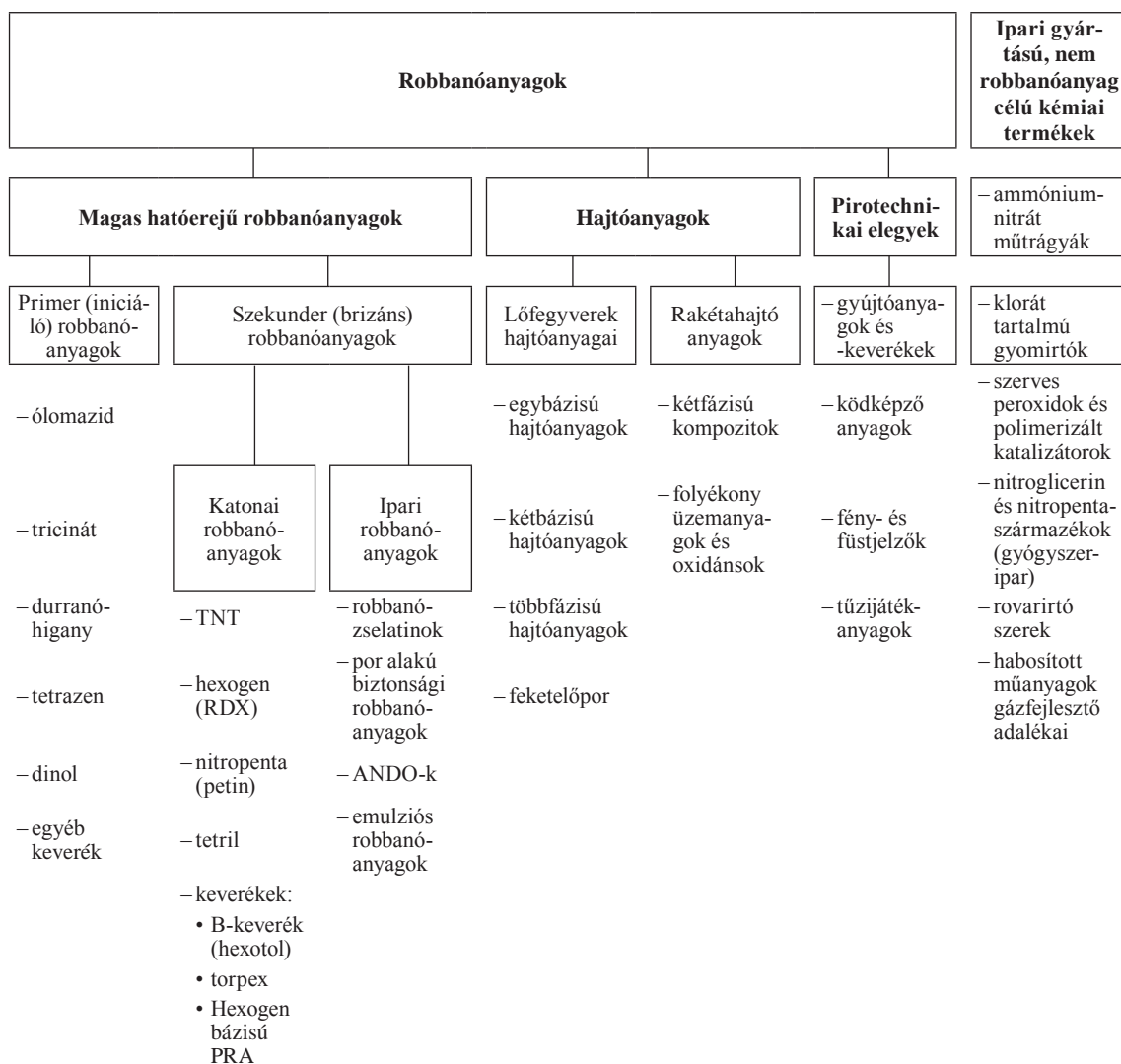
Anyag	Robbanáshő
fa	8,0 MJ
antracit	9,2 MJ
benzin	9,6 MJ

A kondenzált fázisú kémiai robbanás hatalmas romboló hatásának valóságos oka az, hogy az energia a robbanáskor rendkívüli gyorsasággal szabadul fel. Míg 1 kg benzin az autó motorjában 5-6 perc alatt ég el, addig 1 kg robbanóanyag robbanása 1-2 százezred másodperc alatt játszódik le: az energia tehát robbanáskor több tízmilliószor gyorsabban szabadul fel, mint égéskor. Ez a reakció kívülről nem táplálható oxigénnel, ezért kell a kondenzált fázisú robbanóanyagoknak önmagukban hordozniuk az átalakulásukhoz szükséges oxigént.

A különböző tulajdonságú robbanóanyagok csoportosítása többféleképpen történhet, az éppen szüksé-ges prioritások figyelembevételével (például felhasználási terület, gyakorlati alkalmazás, vegyi összetétel, érzékenység stb. alapján).

<sup>73</sup> ANDREJEV K. K.–BELJAJEV A. F.: *A robbanó anyagok elmélete*. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1965, 1. sz. táblázata alapján, 20.

A számunkra leginkább fontos, a *felhasználási terület szerinti felosztást* az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra

*Robbanóanyagok és felhasználásuk. Kémiai robbanásra képes vegyületek, elegyek és keverékek*

J. KÖHLER – R. MEYER: *Explosives – Fourth, revised and extended edition*. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Federal Republic of Germany, 1993, 11. táblázat alapján, 141. fordította a szerző.

A katonai robbantástechnikában a legfontosabb a gyakorlati alkalmazás szerinti felosztás, mely szerint megkülönböztetünk iniciáló (primer), brizáns (szekunder) és ballisztikus (toló hatású) robbanóanyagokat. A brizáns robbanóanyagok tovább bonthatók magas, közepes és alacsony hatóerejűekre.

Az iniciáló (primer) robbanóanyagok olyan érzékeny robbanóanyagok, amelyekben nemcsak a lökéshullám, hanem egyéb energiaforrás (szúróláng, súrlódás, gyenge ütés, felmelegedés stb.) is kiválthatja a detonációt. Robbanásukkor viszonylag kevés, nagy térfogatú gáz keletkezik (lásd az 1. táblázatot), ezért önmagukban robbantási tevékenységre nem használják őket. Elsősorban a brizáns robbanóanyagok detonációjának előidőzésében van fontos szerepük.<sup>74</sup>

A brizáns (szekunder) robbanóanyagok robbanása normál körülmények között csak megfelelő erősségű lökéshullámmal (aktiválási energiával) – például gyutacs vagy másik robbanóanyag-töltet robbanásának hatására – idézhető elő. Viszonylag nagy detonációsebességük és a robbanásuk során keletkező jelentős mennyiségű (térfogatú) gázképződés miatt az ipari és a katonai gyakorlatban kiemelt jelentőséggel bírnak.<sup>75</sup>

<sup>74</sup> Dr. Bohus – Horváth – Papp: *Ipari robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983, 65.

<sup>75</sup> *Uo.*

*A ballisztikus robbanóanyagok (lőporok)* olyan toló hatású robbanóanyagok, amelyeknek stabil és gyors az égése, de ez általában nem megy át detonációba (az anyag csak explodál). Elsősorban lőfegyverek, lőpor-hajtóművek céljára, valamint speciális bányászati tevékenységre (márványbánya) használatosak.

*Az ipari robbanóanyagok gyakorlati alkalmazás szerinti csoportosítása* megegyező az előbbieken tárgyaltakkal. Ezen belül eltérő a *brizáns robbanóanyagok rendszerezése*, úgymint:<sup>76</sup>

- összetétel szerint: homogén vagy keverék robbanóanyag;
- fizikai szerkezet szerint: öntött, préselt, por alakú, képlékeny, zagy vagy folyékony robbanóanyag;
- használati hely szerint: külszíni vagy föld alatti robbanóanyag;
- robbantott anyag szerint: szénben, meddőben használható;
- a környezet veszélyessége szerint: sújtólégbiztos és nem sújtólégbiztos;
- biztonsági szempontjából: kezelésbiztos és nem kezelésbiztos.

Az ipari felhasználás szempontjából figyelembe vett robbanóanyagok alkotóelemei *kémiai felépítésük szempontjából*:<sup>77</sup>

- nitrovegyületek, amelyek közül legismertebbek a trinitro-toluol (TNT), dinitro-toluol, trinitro-fenol (pikrinsav), trinitro-rezorcin (sztifninsav);
- a nitramin típusú anyagok: tetrit, hexogén, oktogén, nitro-guanidin;
- a salétromsavészterek: nitroglicerin, nitroglikol, diglikol-dinitrát, nitropenta, nitrocellulóz;
- fulminátok: például durranóhigany;
- azidok: ólomazid;
- klorátok: kálium-klorát, nátrium-klorát, kálium- és ammónium-perklorát;
- ammonsalétrom.

Az ipari robbanóanyagok *legfontosabb jellemzői*:<sup>78</sup>

- Érzékenység: az az energiafajtától és energiaközlési módtól függő legkisebb iniciáló energia, amely a robbanóanyag detonációját kiváltja (ismert fajtái: ütés-, hő- és dörzsérzékenység).
- Stabilitás:
  - fizikai: ha a robbanóanyag a tárolása során megőrzi eredeti tulajdonságait (nem szív magába nedvességet, nem „izzad ki” egyes összetevőket, nem kristályosodik ki stb.);
  - kémiai: a tárolás során nem változik a robbanóanyag kémiai összetétele.
- Detonációsebesség: a detonációs front lineáris terjedési sebessége a robbanóanyagban; a legfontosabb jellemző, mert ismeretében a robbanóanyag robbanási tulajdonságai becsülhetők meg.
- Robbanáshő: 1 kg robbanóanyag tökéletes robbanási átalakulása során, állandó térfogat mellett felszabaduló, elméletileg meghatározott hőmennyisége.
- Robbanási hőmérséklet: a robbanási gázok elméletileg meghatározott hőmérséklete az átalakulás pillanatában, állandó térfogaton.
- Robbanási nyomás: a robbanási gázoknak a robbanóanyag saját térfogatára számított nyomása, ideális hőmérsékletű robbanás esetén.
- Fajlagos gáztérfogat: 1 kg robbanóanyag gáztermékeinek a térfogata 1 bar nyomáson és 0 °C hőmérsékleten.
- Brizancia: a robbanás helyi hatásának mértéke, mely a robbanóanyagokkal érintkező szilárd közeg deformációjából és felaprításából határozható meg.
- Munkavégző képesség: a robbanóanyag robbanásakor fejlődő gázok munkavégző képessége (mérési módszerei például Trauzl-próba, Hess-próba).
- Detonációátadó képesség: a robbanás légréven keresztüli átterjedésének mértéke.
- Oxigénegyenleg: a 100 g robbanóanyagban található és a 100 g robbanóanyag összes éghető komponensének oxidálásához szükséges oxigén különbsége grammokban.
- Mérgezőgáz-tartalom: az 1 kg robbanóanyag felrobbanásakor keletkező szén-monoxid térfogata és a nitrózus gáztartalom.
- Sújtólégbiztonság: a robbanóanyag sújtólégvészélyes bányában való alkalmazhatósága.

Az ipari robbanóanyagokhoz képest a *katonai robbanóanyagoknak az alábbi speciális követelményeknek is meg kell felelniük*:

<sup>76</sup> Dr. Földesi János: *Bányászati robbantástechnika*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1988, 89.

<sup>77</sup> Uo.

<sup>78</sup> Dr. Bohus – Horváth – Papp: *Ipari robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983, 66–69. alapján. Az egyes robbanóanyagok minősítése során ezeket az értékeket vizsgálják.

- Fokozott kémiai stabilitás: a robbanóanyagoknak legalább 10 évig felhasználható állapotban kell maradniuk (a fél- vagy egy évente végrehajtható csere a központi készleteknél – anyagi megfontolások miatt is – elképzelhetetlen).
- Nagyfokú érzéketlenség a külső, mechanikai hatásokkal szemben: nemcsak ütésre, de még lövedék becsapódására sem robbanhatnak fel.
- Gyutacsindíthatóság: a tölteteknek fel kell robbanniuk a 8-as erősségű gyutacs robbanásának hatására.
- Vízállóság: mivel a robbanóanyagok tárolása során ugyanúgy, mint a felhasználáskor előre nem látható, kedvezőtlen külső feltételek is fennállhatnak, a robbanóanyagoknak ellen kell állniuk e hatásoknak is.
- Szélsőséges hőmérsékleti viszonyok között is működőképesnek kell maradniuk: mivel a harcselekmények minden évszakban folyhatnak, így a robbanóanyagoknak a várhatóan előforduló legalacsonyabb és legmagasabb hőmérsékleten is robbanniuk kell (általában  $-20-30\text{ °C}$ -tól  $+60\text{ °C}$ -ig).
- Könnyű adagolhatóság és szerelhetőség: a harcban nincs lehetőség a mérleg alkalmazására, ugyanakkor például az egyes szerkezeti elemek robbantásánál a töltet könnyű felhelyezhetősége és felerősíthetősége is lényeges szempont, ezért a katonai robbanóanyagokat rendszerint meghatározott tömegű töltetek (legtöbbször préstestek vagy plasztikus robbanóanyagok esetén „téglák”) formájában gyártják.
- Megfelelő brizancia: a katonai robbanóanyagok az esetek jelentős részében fojtás nélkül, ún. szabadon felfektetett (rátett) töltetként kerülnek felhasználásra. A robbantandó céltárgy lehet fa, fém, kő, beton, vasbeton ugyanúgy, mint például talaj; ezért a közepes vagy magas hatóerejű brizáns robbanóanyagokat alkalmazzák a katonai gyakorlatban, és ezek közül is elsősorban azokat, melyek a fentebb vázolt követelményeknek megfelelnek.

Az ipari és a katonai robbanóanyagokkal szemben támasztott eltérő követelményeket a 2. ábra foglalja össze.

Követelmény megnevezése	Ipari robbanóanyag	Katonai robbanóanyag
Teljesítmény	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nagy gázfejlődés és magas robbanás-hő = nagy robbanóerő (munkavégző képesség).</li> <li>• A magas detonációsebesség nem követelmény (kivéve a szeizmikus kutatásokhoz gyártott speciális robbanózselatinokat).</li> </ul>	<p>Függ az alkalmazástól: aknák, bombák, tüzérségi löszerek, rakéták.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Harci fejek töltetei: <ul style="list-style-type: none"> <li>– magas gáznyomás;</li> <li>– nagy gázfejlődés;</li> <li>– magas robbanás-hő (magas detonációsebesség nem követelmény).</li> </ul> </li> <li>• Gránátok töltetei: <ul style="list-style-type: none"> <li>– nagy repeszképző hatás;</li> <li>– nagy töltési sűrűség;</li> <li>– nagy detonációsebesség;</li> <li>– közepes munkavégző képesség elegendő.</li> </ul> </li> <li>• Kumulatív töltetek: <ul style="list-style-type: none"> <li>– extrém magas sűrűség és detonációsebesség (HMX a legjobb);</li> <li>– - magas hatóerő (brizancia) és munkavégző képesség.</li> </ul> </li> </ul>
Érzékenység	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kezelésbiztonság.</li> <li>• Gyutacsérzékenység (kivéve a slurry-keveréket és az ammóniumnitrát-tüzelőanyag keveréket).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amennyire csak lehetséges, érzéketlen.</li> <li>• Tűzbiztos.</li> <li>• Útésbiztos.</li> <li>• Lövésbiztos.</li> </ul>
Stabilitás és tárolhatóság	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kb. hat hónap tárolási idő vagy több.</li> <li>• Semleges (nincs az alkotók között nitric-azid).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 év vagy több a tárolási idő.</li> <li>• Semleges.</li> <li>• Fémekkel nem reagál.</li> <li>• Alakítható.</li> </ul>
Vízállóság	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Töltényezve 2 órát el kell viselnie állóvízben (szeizmikus robbanóanyagok többet).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tökéletes vízállóság, legalább a fegyverbe való betöltésig.</li> </ul>
Adagolhatóság	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zselatinált vagy por.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Öntött vagy préselt.</li> </ul>
Hőtűrő képesség	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>-25\text{ °C}</math>-ig (<math>-13\text{ °F}</math>) nem fagyhat meg.</li> <li>• <math>+60\text{ °C}</math>-ig (<math>140\text{ °F}</math>) néhány órát ki kell bírnia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teljes működésképességét meg kell őriznie <math>-40\text{ °C}</math> (<math>-40\text{ °F}</math>) és <math>+60\text{ °C}</math> (<math>+140\text{ °F}</math>) között, sőt különleges esetekben előlött is.</li> </ul>

J. Köhler – R. Meyer: *Explosives – Fourth, revised and extended edition*. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Federal Republic of Germany, 1993, 12. táblázat alapján, 142. fordította a szerző.

2. ábra

*Az ipari és a katonai robbanóanyagokkal szemben támasztott követelmények*

### 1.3. A robbanóanyagok kialakulásának rövid története

A következőkben röviden áttekintjük a robbanóanyagok kialakulásának folyamatát. Tesszük ezt azért, mert – mint látni fogjuk – a jelenleg is alkalmazott robbanóanyagok döntő többségét már elég régóta ismeri az ember, és a mai napig döntően e robbanóanyagokat használjuk akár önállóan, akár egy „új” robbanóanyag alkotórészeként, a katonai és az ipari gyakorlatban egyaránt.<sup>79</sup> A tárgyalt robbanóanyagok részletes jellemzőit nem a szövegben, hanem a könyv végén található *1. mellékletben* összefoglalva mutatjuk be.

#### 1.3.1. A lőpor története

Salétrom, kén, faszén – a természetben is fellelhető anyagok, melyek külön-külön vizsgálva nem keltik a szemlélőben a fenyegetettség érzését. Mióta az ember rájött, hogy megfelelő arányú keverésük révén hatalmas pusztító erejű szert nyerhet belőlük, rengeteg vér és könny hullott miatta. Lőpor: ez az egyszerű vegyi keverék az emberiség talán legnagyobb sors- és történelemformáló anyaga, ha „uralkodásának” időtartamát és az ez idő alatt végbement eseményeket tekintjük. (Csak halk fohászként tegyük hozzá: maradjon mindörökké most már ő a győztes, ne hagyjuk, hogy megelőzze az új rivális, a nukleáris energiahordozó...)

A salétromból, kénből és faszénből előállított *feketelőport* Kr. u. 700 körül Kínában fedezték fel, de a „barbár” Keleten évszázadokig csak tűzijáték céljára használták ezt a stratégiai fontosságú találmányt. Első írott képlete szintén Kínából származik, 1044-ből.

A lőport Kr. u. 1000 körül alkalmazták először katonai célokra a Távols-Keleten, mikor a mongol Ögödej nagykan<sup>80</sup> csapatai ellen a *Szung Birodalom hadserege az első lőporos kézi „ágyúkat”* bevetette. A kínai puszkaborban azonban kevés volt a salétrom, így a robbanóereje is csekély volt. A mongolok az elfogott kínai tudósok segítségével szintén alkalmazták a lőport, sőt a salétromtartalom növelésével hatásfokát is megnövelték. Továbbfejlesztették az ágyút is, melyet aztán eredményesen vetettek be a kínai városok ostrománál, majd a további, keleti irányú hódításaik során.

1200 körül már az arabok is harcoltak a lőporral. Európában azonban csak a XIV. század elején kezdték először lőfegyverekben használni. A különböző szakirodalmi utalások szerint a kétes dicsőségen többen is osztoznának.

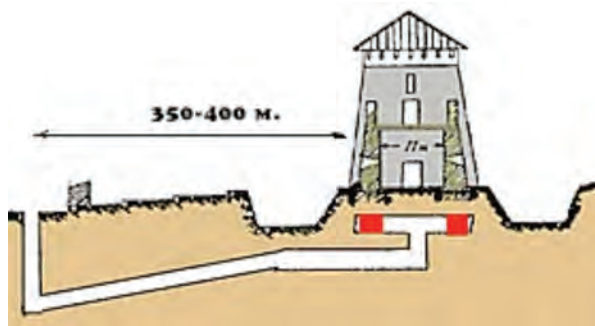
Állítólag 1249-ben Roger Bacon (1214–1292) angol szerzetes „találta fel” Európa számára a lőport (7 rész salétrom, 4–4 rész faszén és kén keveréke), és felismerve annak stratégiai jelentőségét, erről egy titkos levélben tájékoztatta a pápát is. Ugyanakkor téves az az elterjedt vélemény, hogy *Schwartz Berthold* német ferences rendi szerzetes lenne az európai lőpor atyja, hiszen ő a XIV. század második felében élt (1310–1384). Neve inkább a lőpor lőfegyverekben való elterjesztésével hozható összefüggésbe. 1275 körül *Graecus Marcus*, 1300-ban pedig *Magnus Albertus* a salétrom, a faszén és a kén keverését már 6:2:1 arányban javasolja (Bacon-nel szemben).

1326-ban Angliában alkalmazták először kontinensünkön *ágyúba a puszkaport*, 1346-ból írásos feljegyzések maradtak a cressy-i csatában történt használatáról. 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 föld alatti aknaharc lőporral kombinált alkalmazására először 1403-ban került sor, mikor a Pisa és Firenze közötti háborúban Pisa várának falait az alájuk ásott alagútban elhelyezett lőportöltettel röpítették a levegőbe. A tervezésnél közreműködött az ostromló Ludovico Sforza herceg katonai-műszaki szakértője is, *Leonardo da Vinci*.

<sup>79</sup> Természetesen speciális feladatokhoz új robbanóanyagokat is fejlesztenek, de ezeket – főleg magas árak miatt – nem használják széleskörűen. Bővebben lásd: DR. 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, 43–47.)

<sup>80</sup> Dzsingisz kán harmadik fia, aki annak halála után, 1229–1241 között volt a mongolok nagykanja. Szívroham következtében bekövetkezett halála mentette meg Nyugat-Európát a teljes mongol hódítástól. Az Arany Horda Szübütej nagyvezér vezetésével az orosz nagyfejedelemségek legyőzését követően (1237–1238, Rjazany, Moszkva), 1240-ben elfoglalta Szuzdalt és Kijevet, majd három részre bontva csapataikat, északon Szemeremes Boleszláv krakkói fejedelem seregeit semmisítették meg (1241. március), délen a mai Romániát és Horvátországot rohanták le, középen pedig Magyarországon verték szét IV. Béla seregeit. Az egyesített mongol erők Bécs kapui előtt álltak, amikor megérkezett a nagykan halálhíre. Ezért – a mongol hagyományok szerint – a csapatok visszafordultak és hazatértek, hogy új nagykánt válasszanak. Európa szerencséjére, belső hatalmi harcok miatt, erre csak 1251-ben került sor, Möngke kán személyében, aki viszont a belső-ázsiai (Taskent, Buhara, Szamarkand, Kabul) és a Kaszpi-tengertől délre eső területek (Bagdad), illetve a Kína felé történő terjeszkedést választotta (a Csin és a Szung Birodalom). A mongol birodalommal és hódításaikkal bővebben foglalkozik: Conn IGGULDEN: *A hódító*. 1–5. rész. Gabo Kiadó, Budapest, 2012.



3. ábra

Robbanó föld alatti támadó akna<sup>81</sup>

Még egy utolsó adalék európai „kultúrtörténelmünkhöz”: 1605. november 5-én, Londonban pokolgépes merénylet előkészületeit leplezték le: a katolikus lázadók Guy Fawkes vezetésével 1632 kg feketelőport akartak becsempészni a Parlament pincéjébe, így akarván felrobbantani a protestáns I. Jakab királyt. A terv árulás miatt megghiúsult, a bűnösöket a kor törvényei szerint elítélték és kivégezték.

A feketelőpor első ipari felhasználására viszont csak 1627-ben került sor Selmecebányán (Szelakna, Felső Biber-táró), Weindl Gáspár tiroli bányamester híres robbantásánál. Az ötlet egyébként a bánya egyik résztulajdonosától, Montecuccoli bárótól származott, aki a nagy hadvezér rokonaként a várfalak Korábban bemutatott) aláaknázásának 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 ön- és rézbányákban kezdett 1689-ben lőporral robbantani id. Thomas Esply.

A feketelőpor gyártását természetesen folyamatosan fejlesztették az idők során. 1777–1778 között Lavoisier folytatott kísérleteket, majd megjelent a Berthollet-keverék, mely 16 rész salétromot, 1 rész kén és 3 rész faszenet tartalmazott. Az 1882-es Rottweil puskaporban 77 rész salétrom és 3 rész kén mellett 20 rész rozsszalma-szén volt.

### 1.3.2. Fejezetek a hazai lőporgyártás és -felhasználás történetéből

A salétrom alapú görögtűzet már a XI. században ismerték és alkalmazták is hadi célokra hazánkban. Ilyen anyaggal töltött cserépedényeket „lövetett” hajtógépekkel az ellenség táborába 1073-ban Salamon magyar király, mikor Belgrád várát ostromolta. Az őt követő Szent László király uralkodása alatt a székvárosban (Székesfehérvárot) gyártották a salétromtartalmú „tűzkeveréket”.<sup>82</sup>

A lőpor történetétől elválaszthatatlanok a tűzfegyverek. Hazánkban az első ágyúöntő műhelyt 1354-ben állították fel Pozsonyban, melyet 1440-ben követett a kassai. (Meg kell jegyezni, hogy ebben az időben a tüzérséget még sehol nem tekintették önálló fegyvernemnek.) Ezek a céhek megfelelő összegért bármelyik hadviselő fél szolgálatába elszegődtek, például Konstantinápoly ostromakor II. Mohamed török szultán 8 m hosszú ágyúját egy Orbán nevű magyar tüzér öntötte.<sup>83</sup>

Hunyadi hadjáratai alatt a lőfegyverek még nem terjedtek el általánosan Magyarországon, például a várnai csatában csak kevés ágyúja volt még csapatainknak. 1472-ben viszont Mátyás király már 158 ágyúval ostromolta Otrantót, pár év múlva pedig 304 hajóágyúval is rendelkezett. Az ez irányú szakmai fellendülést bizonyítja az is, hogy 1488-ban III. Iván Vasziljevics moszkvai nagyfejedelem Mátyáshoz fordult, ágyúöntésben és tüzérmesterségben, valamint „várvívásban” jártas szakembereket kérve.<sup>84</sup>

Maga a tényleges lőporgyártás a XV. század közepe táján kezdődött el Magyarországon, bár a korabeli feljegyzések szerint Zsigmond király már 1429–30-ban két, salétrom szárítására szolgáló sátorral is rendelkezett a pozsonyi várban.<sup>85</sup>

<sup>81</sup> J. G. Veremejev: *Isztorija zarozsnyenija i razvítija minnovo oruzsija (Az aknafegyver kialakulásának és fejlődésének története)*, [www.saper.etel.ru/histmin/istoria-min-1.html](http://www.saper.etel.ru/histmin/istoria-min-1.html) (a letöltés ideje: 2016. 09. 18.)

<sup>82</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903.

<sup>83</sup> Arday Géza: *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése*. Szent Erzsébet Nyomda Rt., Kassa, 1910.

<sup>84</sup> Uo.

<sup>85</sup> Uo.

*A lőporgyártás alapanyagainak hazai fellelhetősége a középkorban:*<sup>86</sup>

- Salétrom természetes állapotban nagy mennyiségben fordult elő többek között Nagykálló és Debrecen környékén. A XIV. század elején nagyhirű salétromfőző telepek működtek Nagykállóban és Nagyszébenben, ahonnan külföldre is szállítottak. II. Rákóczi Ferenc erdélyi fejedelem viszont már rendeletben tiltotta meg a salétrom külföldre szállítását, nehogy e fontos anyagból hiány legyen az országban.
- Kéntelep a Selmec melletti Kalinkán működött, de a XVI. századtól kezdve zömében külföldről kellett beszerezni.
- Faszenet mindenütt a helyszínen gyártottak. Felismerve a faszén minőségének hatását a lőpor tulajdonságaira, ezen a téren is egyre szigorúbb megkötések voltak: a XVI. században a végvárok lőpormalmainál csak arra ügyeltek, hogy puhafából égessék a szenet; az Osztrák–Magyar Monarchiában viszont már csak mogyorófa és „vesszős fagally ágak” lehettek az alapanyag.

A török hódítók elleni végvári harcok során a várvédők saját puszkapor (főleg ágyúlőpor) gyártására voltak kénytelenek berendezkedni. Ilyen puszkapormalmok termeltek a XVI–XVII. századokban Besztercén, Kassán, a szepesi városokban, Egerben, Huszt várában és Nagybányán. A legnagyobb üzem Munkács várában volt. A török hódoltság időszakában Pécssett is működött lőporüzem.<sup>87</sup>

Korabeli dokumentumok alapján írta le Gárdonyi Géza *Egri csillagok* című regényében a Dobó István által vezetett 2000 hős várvédő küzdelmét Ali és Ahmed pasák 150 000 fős ostromló serege ellen (1552. szeptember 9. – október 18.). A várban két lőpormalom üzemelt, melyek 3/4 rész salétromból, valamint 1/4 rész kén és puhafa-szén keverékéből gyártották az ágyúba való. Mikor október 4-én felrobbant 24 tonna lőpor a raktárul szolgáló sekrestyében, megsemmisült a két malom is. Egy György nevű molnár és ácsmester készített egy újat a megmaradt alkatrészekből, így tudták a védők tovább folytatni a harcot.

Egy nagy lépés után az 1848–49-es forradalom és szabadságharc, ezen belül is Bem tábornok erdélyi hadjáratának ágyú- és lőporgyártásával kapcsolatos eseményeihez érkeztünk. Gábor Áron 1848 végén Bodvajban kezdte el híres ágyúinak öntését, meglehetősen mostoha körülmények között. Ráadásul 1849 májusáig ez a tevékenység a kormány támogatása nélkül, sőt tiltó határozata ellenére folyt, Kossuth csak ekkor adta hozzájárulását a székely hadiipari termeléshez!

Bem viszont hajthatatlan volt, és 1849 elején, Kézdivásárhelyen újjászerveztette az ágyúöntést és a lőporgyártást. Az alapanyagok közül nagy gondot jelentett az ón, az ólom, a kén és a salétrom folyamatos biztosítása. A legszükségesebb a kén utánpótlása volt. Ezt úgy próbálták megoldani, hogy titokban Moldvába utaztak, és az ott vásárolt ként becsempészték az országba. A lőporgyártó és salétromfőző üzem működéséről a legkorábbi dokumentum 1849. január 27-i keltezésű. Kezdetben az előállított termék minőségével is gondok voltak, mivel sok szenet és kevés ként tartalmazott.

Az orosz előrenyomulás hatására a kézdivásárhelyi üzemeket ki kellett telepíteni. Mikor az oroszok Csíkmadarason végül is elfoglalták a lőporgyárat, ott 4 vízikerek hajtású lőpormalmot, 139 mázsa salétromot, 34 mázsa ként és 18 mázsa kész lőport találtak. Az üzemet felgyújtották, majd lerombolták.<sup>88</sup>

Az Osztrák–Magyar Monarchiában a lőporgyártás a császári és királyi katonai kincstár kezelésében volt, még a magánhasználatra szolgáló vadász- és akna- (bányászati célú) lőport is a kincstár forgalmazta. Az előállítás részben a kincstár tulajdonában lévő, részben pedig az ellenőrzése alatt álló magángyárakban folyt. A legnagyobb kincstári lőporgyár Stein mellett működött, és kizárólag hadi célokra szolgáló anyagokat termelt. A legnagyobb magánüzem, a Mayr és Roth-féle az ausztriai Felixdorf mellett mindenféle lőport gyártott. Ez utóbbi 1888-ban 120 főt foglalkoztatott, éves kapacitása 450 000 kg puszkapor vagy 900 000 löveglőpor vagy 1 000 000 kg magáncélú (vadász- és akna-) lőpor volt. A salétromot és a ként a kincstár biztosította, máshonnan beszerzett alapanyagok felhasználása tilos volt. A faszenet helyben állították elő, abban az időben galagonya fájából. A szemese alakú készterméket vászonzsákokba csomagolták, melyeket 112 kg (két ún. régi bécsi mázsa) lőpor befogadására alkalmas puhafa hordókba tettek. A hasábos fekete és barna löveglőport, valamint a sajtolt aknalőport faládákban forgalmazták.<sup>89</sup>

<sup>86</sup> Uo.

<sup>87</sup> Uo.

<sup>88</sup> Kerekes Árpád: Gábor Áron rézágyúai az 1848–49-es szabadságharcban. *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat*, 124. évfolyam, 7–8. szám, Budapest.

<sup>89</sup> Scheich László: A lőpornak gyártása. *Ludovica Akadémia Közlönye*, 1888. X. szám, Budapest.



4. táblázat

Az Osztrák–Magyar Monarchia idején gyártott lőporfajták összetétele (%)<sup>90</sup>

	Puskalőpor	Löveglőpor	Vadászlőpor	Robbanőpor
Salétrom	75	74	75,95	60,19
Kén	10	10	9,43	18,45
Szén	15	16	14,62	21,36

Az Osztrák–Magyar Monarchiában gyártott hadi lőporok:<sup>91</sup>

- 81.m. puskapor ( $\varnothing$  0,57–1,55 mm, sűrűség: 1,5 g/cm<sup>3</sup>);
- közönséges löveglőpor; finomszemcsés ( $\varnothing$  1,2–1,5 mm, sűrűség: 1,56–1,6 g/cm<sup>3</sup>);
- kockalőpor:
  - 7 mm (sűrűség: 1,65 g/cm<sup>3</sup>);
  - 13 mm (sűrűség: 1,69 g/cm<sup>3</sup>);
  - 21 mm (sűrűség: 1,75 g/cm<sup>3</sup>);
- 80.m. fekete hasáblőpor (központi csatornával);
- 82.m. barna hasáblőpor (sűrűség: 1,8–1,86 g/cm<sup>3</sup>).

Az I. világháború ideje alatt ugrásszerűen megnőtt az igény a lőszerre és a robbanóanyagok iránt. Ennek kielégítésére lépett életbe 1916 végén a Hindenburg-program, mely az ipar teljesítőképességének maximálisra fokozását, az addigi gyártókapacitás duplájára növelését irányozta elő. A gyárak bővítése és új gyárak építése ellenére a tervezett teljesítményt nem sikerült elérni. A feketelőpor ekkor már háttérbe szorult. Jól érzékelteti ezt az 1918. július havi szükséglet, mely 2100 tonna gyér füstű és csak 185 tonna feketelőpor volt.<sup>92</sup>

Az I. világháború után a feketelőpor továbbra is rendszerben maradt a honvédségnél, bár jelentősége csökkent. Az 1928-as *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára 2. Füzet I. rész – Robbantások* című minisztériumi kiadvány szerint a honvédségnél rendszeresített robbanóanyagok a következők: ekrazit (pikrinsav), trinitrotoluol (trotil), cseppfolyós levegő (oxiliquid) és lögyapot, valamint a feketelőpor. Ez utóbbit kisebb robbantásokhoz 0,1 kg tömegű, papírba csomagolt lőportöltény formájában alkalmazták, míg nagyobb robbantások előkészítésekor az utasítás rendelkezései szerint hordókban vagy nagyobb edényekben kellett elhelyezni.<sup>93</sup>

Az 1965-ben megjelent *Mű/2. Robbantási utasítás* szerint a fekete (füstös) lőpor a honvédségnél repesz- és jelzőaknák tölteteként, valamint időzített gyújtószinórok készítésére továbbra is rendszeresített anyag.<sup>94</sup>

Nem lenne teljes a kép, ha nem szólnánk a lőpor tüzéségítől eltérő célú felhasználásáról is. A várostromoknál a XV. század körül kezdték alkalmazni a falak alá fűrt és robbanóanyaggal töltött aknákat, például 1441-ben, Belgrád ostrománál rombolták így a falakat.<sup>95</sup>

Ennek ellenpéldája volt, mikor 1566-ban Zrínyi Miklós, a szigetvári hős az általa a törökök ellen védett vár végóráiban, a benyomuló ellenség megsemmisítésére a lőporos pincéjét égő kanócokkal kapcsolta össze.<sup>96</sup> A mindinkább tökélesedő „aknaharcot” (igaz, később már másfajta robbanóanyagot alkalmazva) még a II. világháború idején is alkalmazták az erődítmények ellen.

A hétéves háború (1756–1762) időszakában jelentek meg az első olyan lőportöltetek, melyeket az ellenség várható előremozgási útvonalain ástak el, majd meghatározott időben felrobbantottak. A szárazföldi torpedónak nevezett eszköz használata és fejlesztése terén a későbbiekben komoly eredményeket ért el a már említett Zubovits Fedor honvéd huszár százados, akinek találmányát több országban is használták annak idején.<sup>97</sup>

Korunk egyik legnagyobb kihívásának tekintjük a terrorizmus eszköztárának talán legszörnyűbb elemét, a pokolgépet. A „nincs új a nap alatt” mondás ebben az esetben is igaz: Veit Wulff Von Senftenberg

<sup>90</sup> Arday Géza: *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése*. Szent Erzsébet Nyomda Rt., Kassa, 1910, 41.

<sup>91</sup> Uo.

<sup>92</sup> Turcsányi Gyula: Az osztrák–magyar hadianyagipar fegyver- és lőszer-teljesítménye a világháború alatt. *Műszaki Szemle*, 1925. 1. szám, Budapest.

<sup>93</sup> E–34. (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára 2. Füzet – Robbantások. I–II. rész + Mellékletek*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928–1929.

<sup>94</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965.

<sup>95</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903.

<sup>96</sup> Arday Géza: *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése*. Szent Erzsébet Nyomda Rt., Kassa, 1910.

<sup>97</sup> Uo.

már 1568-ban ír a robbantóládáról vagy másként pokolgépről, melynél a lőportöltetet tartalmazó tárgy annak kinyitása hatására robban fel. Kétes dicsőségünk, hogy Báthory István erdélyi fejedelem (aki egyébként sokat tett a tüzérség fejlesztéséért a XVI. században) szintén használt 1585-ben, Pszkov ostrománál ilyen pokolgépet. A védők vezérének, Petrovics-Schujszkinak küldött csomagot az utasítás szerint a „címzettel” kellett volna kinyitattatni, mondván, abban Báthory elorzott legértékesebb kincse és igen fontos okmányai vannak. A szerkezet működött is, de Schujszki életben maradt, nem úgy, mint kíséretének több tagja.<sup>98</sup>

A várostromok másik hatékony eszköze volt a lőporral és földdel töltött petárda, mellyel a kapukat robbantották be. Általában magyar találmánynak tartják, de 1577-ben a francia Merle hugenotta százados használta először.<sup>99</sup> Az is igaz viszont, hogy például 1597-ben Pálffy Miklós és Prestyánszky Tata várát, 1598-ban pedig Pálffy és Schwarzenberg Győr várát foglalta el ilyen petárdák sikeres alkalmazását követően.<sup>100</sup>

Az első hajópetárdáról Jozef Furtenbach csak 1629-ben tesz említést, Ulmban megjelent *Architectura navalis* című könyvében.<sup>101</sup>

### 1.3.3. Az iniciáló robbanóanyagok fejlődése

A durranóhigany felfedezését 1630 körüli időpontra teszik, és a holland *van Drobbelnek* tulajdonítják. Érdekesség, hogy csak a brit *Edward Howard* 1799-es „újrafeltalálása” (mely egy tévedésen alapuló véletlen műve volt) után kezdték ténylegesen hasznosítani. *Primer robbanóanyagként* való hasznosítását a skót *Alexander J. Forsyth* szabadalmaztatta 1807-ben.<sup>102</sup>

Hasonló sors jutott a *trizinátnak (TNRSZ)* is: az alapjául szolgáló sztifninsavat először 1808-ban állította elő *Chevreuil*, de csak a trinitro-rezorcin 1871-es előállítására (és a sztifninsavval való azonosságának bizonyítása) után kerülhetett sor ezek ólom sójaként a ma is nagy mennyiségben gyártott robbanóanyag létrehozására.

Az *ólomazidot Curtius állította elő először*, szintén 1891-ben. Gyutacsban való használatát 1906-ban A. A. Solonina orosz ezredes javasolta a durranóhigany helyett. A tényleges ipari gyártása 1908-ban kezdődött meg.

### 1.3.4. A brizáns robbanóanyagok fejlődése

A XIX. században – az ipar más területeihez hasonlóan – a robbanóanyagok feltalálása terén is hatalmas ugrást figyelhetünk meg. A német *Christian Friedrich Schönbein* 1846-ban felfedezi a *nitrocellulózt* (kezdetben gyógyászati segédeszközként, sebek fertőtlenítésre használták), *Ascanio Sobrero* olasz fizikus és gyógyszerész pedig egy szívgyógyszer kutatása során a *nitroglicerint*. Egy robbanástól maga is megsebesült az arcán, ezt követően mindenkit óvott találmánya alkalmazásától, az „ördög művének” nevezve azt.

1853-ban egy orosz katonatiszt, V. F. Petrushevski a *nitroglicerint magnéziummal abszorbeálta*, és az így nyert robbanóanyagot – mint a dinamit előfutárát – a szibériai aranybányákban alkalmazták.

*Alfred Nobel* – többek között a nitroglicerinyáraiban bekövetkezett robbanások miatt, melyeknek a testvére is áldozatul esett – kísérletezni kezdett e veszélyes anyag kezelésbiztossá tételén. A véletlen is a kezére játszott, mivel a nitroglicerint üvegballonokban szállították, melyeket faládba csomagoltak, és a rázkódást elkerülendő a ládákat egy jó nedvszívó tulajdonságú semleges anyaggal, kovafölddel (szilícium-dioxid) töltötték ki. Egy alkalommal az egyik ballon dugójánál szivárgás történt, és a kiszabaduló nitroglicerint a kovaföld elnyelte, olyan rugalmas, gyurmaszerű anyagot képezve vele, mely megőrizte a nitroglicerin robbanóerejét, ugyanakkor jelentősen csökkentette annak mechanikai hatásokkal szembeni érzékenységét. Nobel 1867-ben szabadalmaztatta<sup>103</sup> a világ első *kezelésbiztos robbanóanyagát, a kovafölddel felitatott nitroglicerint*. Az így nyert ún. *gurdinamit*<sup>104</sup> a dinamitféleségek egész sora követte.

A nitroglicerin ipari méretű alkalmazása még egy problémát vetett fel: ez a biztonságos iniciálás volt. A robbantástechnika ugyancsak fontos mérföldköve volt, mikor többéves kísérletezés eredményeként

<sup>98</sup> *Uo.*

<sup>99</sup> *Uo.*

<sup>100</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 3.

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

<sup>102</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 2–4.

<sup>103</sup> Egyes irodalmakban a feltalálás dátumaként 1866 szerepel.

<sup>104</sup> A kovaföld Kieselgur nevéből.

1846-ban Alfred Nobel bevezette az *első fémhüvelyes, durranóhigany töltetű gyutacsot* (felváltva a korábbi, feketelőpor töltetű detonátorokat) a nitroglicerines töltetek iniciálására. Mivel az akkor már ismert, feketelőporos (Bickford-féle) gyújtózsín helyett továbbra sem talált más eszközt, mellyel a pontosan időzíthető robbantást el lehetett volna végezni, olyan robbanóanyagokkal kezdett kísérletezni, melyek lángérzékenysége biztosítja a gyújtózsín által történő robbantást, ugyanakkor a detonációja által előidézett energia elég nagy a nitroglicerintöltet tökéletes robbantásához. Nobel a durranóhiganyban vélte felfedezni a megfelelő tulajdonságokat, melyet egy felül nyitott rézhüvelybe sajtolt, megalkotva ezzel az első gyutacsot.<sup>105</sup>

Mikor 1867-ben Alfred Nobel elkészítette az első kezelésbiztos, ugyanakkor mégis nagy hatóerejű robbanóanyagot, a gurdinamitot, új problémával szembesült: az új anyag 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 *gyutacsorozatot készített 1-től 10-ig terjedő erősséggel*. Ezekben a gyutacsokban eltérő tömegű durranóhiganyos töltetet alkalmazott: a legkisebb mennyiség 0,3 g, a legnagyobb 3 g volt. A sorozat 8. tagja, mely 2 g töltetet tartalmazott, már elégségesnek bizonyult a dinamittöltet iniciálásához is. A mai napig az ennek megfelelő robbanóerejű gyutacsokat alkalmazzák a legelterjedtebben a világon<sup>106</sup> az ún. gyutacsérzékeny robbanóanyagok indításához.

A *robbanózseltint* szintén Nobel állította elő először 1875-ben, *nitroglicerint és nitrocellulóz alkalmazásával*. Zsenialitásából mit sem von le az a tény, hogy ezt a felfedezést egy laboratóriumi baleset előzte meg, mikor is Nobel elvágta a kezét, és a sebet nitrocellulóz vattával kezelve kocsonyás gél keletkezett a bőrén. Mivel a kísérlet során nitroglicerinnel dolgozott, ezt az eredményt csak e két anyag keveredése okozhatta.

A *füst nélküli lőpor* feltalálója, a francia Paul Vieille 1884-ben állítja elő az első tiszta, katonai lőfegyverekben alkalmazható nitrocellulóz lőport (a francia hadsereg 1886-ban rendszeresíti), míg Nobel 1888-ban szabadalmaztatja az első kétbázisú nitroglicerines lőpor, a *ballistit* előállítását. Az angolok sem akartak lemaradni, és dr. W. Kellner 1888–1889-ben előállította a második kétbázisú füst nélküli lőport, melyet F. Abel és Sir James Dewar szabadalmaztatott *cordit* néven.<sup>107</sup>

A *pikrinsavat* Pierre Woulfe francia vegyész állította elő először 1771-ben, de sokáig csak selyem és gyapjú festésére használták (néha kissé zajos sikerrel...). Mint robbanóanyagot 1867-ben Borlinetto ajánlotta, majd 1871-ben Herman Sprengel német vegyész ismerteti a felhasználás konkrét lehetőségeit. 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 tüzérségi lőszeret). 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. Franciaországban 1917-ben elkezdték gyártani a melinit és TNT keverékéből álló robbanóanyagot.

A *trinitrotoluol (trotit, TNT)*<sup>108</sup> robbanóanyagot a német C. Haussermann vezette be 1891-ben (első előállítása 1863-ban történt, és a német kémikus, J. Wilbrand nevéhez fűződik, de ezt az anyagot is hosszú éveken keresztül csak a festőipar használta). A német hadiipar 1902-ben kezdte alkalmazni nagy hatóerejű aknagránátok töltésére. Az 1905-ös orosz–japán háborúban használták először katonai célra, míg az USA 1912-ben kezdte meg katonai felhasználását. Az I. világháborúban már mindegyik hadviselő fél rendszeresített robbanóanyaga volt. Az egyre növekvő igényeket a gyártás nem tudta követni, ezért a lőszerekben az ammónium nitráttal kevert változatát, az *amatolt* használták, melyet 1915-ben fejlesztettek ki Angliában. Ehhez természetesen Favier-nek fel kellett találnia az ammóniumnitrátos robbanóanyagokat 1884-ben. Magát az ammóniumnitrátot J. R. Glauber német kémikus szintetizálta először még 1654-ben.

Az *alumíniumporral érzékenyített robbanóanyag* alkalmazását a német R. Escales javasolta 1899-ben, G. Roth szabadalma nyomán. Az első ilyen robbanóanyag az *ammonal* volt, mely az ammóniumnitrát mellett faszenet és alumíniumport tartalmazott. Ausztriában 1917-ben fejlesztette ki R. Forg az *ammonal T* robbanóanyagot (TNT, alumíniumpor és ammóniumnitrát keveréke), melyet elsősorban víz alatti robbantásokhoz és torpedófejek töltetként alkalmaztak.<sup>109</sup> Tollens 1891-ben fedezte fel a *nitropentánt (PETN)*.<sup>110</sup>

<sup>105</sup> A rézre nem esztétikai megfontolások, hanem a durranóhigany azon „kellemetlen tulajdonsága” miatt volt szükség, hogy más fémekkel érintkezve (főleg ha még nedvességet is kap) cserebomlásba megy, és elveszíti érzékenységét.

<sup>106</sup> Minden 8-as erősségű gyutacs robbanási energiájának egyenértékűnek kell lennie 2 gramm durranóhigany robbanási energiájával.

<sup>107</sup> A brit hadsereg Cordite Mark I, másként CSP (cordite smokeless powder) néven rendszeresítette.

<sup>108</sup> Ismert még trinitrotoluene megnevezése is.

<sup>109</sup> *TM 9–1300–214 Military explosives technical Manual*. Headquarters, Department of the Army, Washington DC, USA, 1984, 2–10.

<sup>110</sup> Pentaeritritol-tetranitrát; ismert még pertitrit, ten és corpent néven is.

A *folyékony oxigén robbanóanyagot (LOX)*<sup>111</sup> a német Karl P. G. von Linde vezette be 1895-ben. Rendszeresítve volt az I. világháború alatt a német, valamint az Osztrák–Magyar Monarchia hadseregében, de az USA-ban a Közép-Nyugat külszíni bányáiban egészen az 1950-es évekig használták.<sup>112</sup>

A *tetrilt* Michler és Meyer révén már 1879-ben ismerték Németországban, de csak az I. világháborúban kezdték széleskörűen alkalmazni (Németországban 1906-ban, Oroszországban 1910-ben kezdték meg folyamatos gyártását).

A német Hans Henning 1899-ben, gyógyszerkutatás során fedezte fel a *hexogént*, de robbanóanyagként csak 1920-ban szabadalmaztatta az ugyancsak német E. von Herz. Tömeges felhasználására csak a II. világháborúban került sor.

Az *RDX-ként is ismert hexogént* Angliában Royal Demolition eXplosive, az USA-ban és Kanadában Research Department eXplosive, Olaszországban T4 néven ismerik, de cyclonitként is forgalmazzák. Bár előállítási költsége igen magas (az egyébként sem olcsó TNT árának 2-4-szerese), ma mégis az egyik legfontosabb katonai robbanóanyag a világon. A préselt Composition A, A-2, A-3, A-4 robbanóanyag-család alapanyaga, a bombák, aknák és lőszerkeztöltésére szolgáló, általában trotilal elegyített Composition B,<sup>113</sup> B-2, B-3, B-4 sorozatnak, továbbá (ugyancsak trotilal keverve) a plasztikus robbanóanyag családnak, a Composition C, C-2, C-3 és C-4-nek.<sup>114</sup>

Ugyancsak RDX–TNT keverék a repeszbombák töltésére használt *ciklotol*, a mélyvízi bombák robbanóanyaga, a *DBX* (Depth Bomb eXplosive), a mélyvízi bombák, torpedók, rakéták harci részét pedig a *HBX-1* (High Brissance eXplosive) robbanóanyaggal (40% RDX, 38 % TNT) töltik. Gyújtószerkezetek, víz alatti robbantások harci töltete a *HBX-3*, másként *TORPEX* (31% RDX, 29% TNT). Harckocsi elleni aknában alkalmazzák és az egyik legjobb légi robbantásokhoz alkalmazandó robbanóanyagként ismert a *HBX-6*, másként *H-6* (45% RDX, 30% TNT) keverék. Nagy hatóerejű töltetekben használják a *HTA-3*<sup>115</sup> robbanóanyagot (49% RDX, 29% TNT).

A főleg terroristák robbantásai révén elhíresült, egyébként kiváló robbanási tulajdonságokkal rendelkező *SEMTEX* plasztikus robbanóanyagot a cseh Stanislav *Brebera* fejlesztette ki Pardubicében, 1966-ban. A cég kezdetben Sertin Glassworks, majd VCHZ Synthesia, jelenleg pedig Explosia néven állít elő különböző katonai és ipari robbanóanyagokat. A nitropenta és hexogén alap robbanóanyagokból álló SEMTEXet nagy mennyiségben exportálták, így például 1975–1981 között OMNIPOL néven, kb. 700 tonnát Líbiába is. Az ipari SEMTEX 1A és SEMTEX 10 robbanóanyagok 94%-ban nitropentát és csak 5% hexogént tartalmaznak, a katonai SEMTEX 1H esetén ez az arány közel 50-50%. Legújabb, alumíniumporral érzékenyített katonai plasztikus robbanóanyaguk a Semtex® PI–Hx–30, 30/50% nitropenta/hexogén tartalommal.

Amerikában 1941-ben, a hexogéngyártás melléktermékeként állította elő Bachmann a *HMX*<sup>116</sup> néven is ismert *oktogént*,<sup>117</sup> mely kémiai összetételében hasonló az RDX-hez, de robbanási tulajdonságaiban felülmúlja azt.

1952-ben fejlesztették ki Amerikában<sup>118</sup> a 70/30, illetve 75/25 százalékban HMX-et, illetve TNT-t tartalmazó *oktolt*. 1952-ben fejlesztette ki a Los Alamos Scientific Laboratories (USA) az első *polimer kötésű robbanóanyagot (PBX)*.<sup>119</sup>

Charles A. Wurtz 1859-ben fedezte fel az *etilén-oxidot és az etilén-glikolt*. Egy évszázaddal később az etilén-oxidot az USA alkalmazta a levegő-tüzelőanyag keverék (aeroszol robbanóanyagok), másként *FAE-lőszerkezt* (Fuel-Air Explosives)<sup>120</sup> kifejlesztésénél.

Az USA-ban az 1920-as évektől folyt fejlesztő munka egy közel hexogén hatóerejű, de a fizikai hatásokkal szemben annál érzéketlenebb katonai robbanóanyag kifejlesztésére. A siker 1935-ben született meg, amikor dr. George C. *Hale* felfedezte az *EDNA*<sup>121</sup> (másként *haleite*) nevű robbanóanyagot. Egyben ez volt az *első önálló amerikai fejlesztésű robbanóanyag*.

1937-ben Angliában fejlesztették ki a *baratolt*, bárium-nitrát és TNT összetevőkkel. Tömeges felhasználására a II. világháborúban került sor.

<sup>111</sup> Liquid Oxigene eXplosive.

<sup>112</sup> *TM 9-1300-214. Military explosives technical Manual*. Headquarters, Department of the Army, Washington DC, USA, 1984, 2-7.

<sup>113</sup> A II. világháború alatt, 1943-tól az amerikai légierőnél a légibombák mintegy 40%-át ezzel a robbanóanyaggal töltötték. *TM 9-1300-214*, 2-16.

<sup>114</sup> A C-4 plasztikus robbanóanyagot K. G. Ottoson (Picatinny Arsenal) fejlesztette ki 1946-1949 között.

<sup>115</sup> High Temperature Explosive; 1958-ban fejlesztik ki a Picatinny Arsenal-nál.

<sup>116</sup> High Melting Point eXplosive (magas olvadáspontú robbanóanyag), de ismert még Her Majesty's eXplosive néven is.

<sup>117</sup> Ciklotetrametilén-tetranitramin (C4H8N8O8).

<sup>118</sup> Northern Corporation.

<sup>119</sup> Polimer Bonded eXplosive.

<sup>120</sup> Használják a FAX (fuel-air explosives) kifejezést is.

<sup>121</sup> Etilén-dinitramin.

1945-ben mutatták be Amerikában az L. H. Eriksen és J. W. Rowan által kifejlesztett, elsősorban aknamentesítésre javasolt folyékony robbanóanyagot, a *PLX*-et.<sup>122</sup> Hasonló robbanóanyagot *myrol* néven már használt aknamentesítésre a német hadsereg a II. világháború alatt.

A hőálló robbanóanyagok kifejlesztésének úttörője az amerikai *Shipp* volt, aki 1966-ban fedezte fel a *hexanitrostilbent* (*HNS*). 1978-ban fejlesztette ki Atkins és Norris a *triamino-trinitrobenzent* (*TATB*).

### 1.3.5. Az alacsony hatóerejű ipari robbanóanyagok

Az ipari robbanóanyagok első és talán máig legismertebb fajtájának, az *ammóniumnitrát és dízelolaj keverékéből álló robbanóanyag*nak a felfedezése az Amerikai Egyesült Államok (Texas City),<sup>123</sup> illetve Franciaország (Brest)<sup>124</sup> tengeri kikötőiben, 1947-ben bekövetkezett hatalmas robbanásokhoz kapcsolódik. Mindkét helyen az európai újjáépítéshez szállítandó ammóniumnitrát műtrágya robbant fel, a tároló papírszakok meggyulladására miatt.

A vizsgálatok kiderítették, hogy az erősen higroszkopikus ammóniumnitráthoz a tengeri szállítás során a nedvességtől való megóvása érdekében mintegy 0,8-1,0%, paraffinból és petróleumszármarazékból álló adalékanyagot kevertek. Az összesen több mint 6000 tonna „műtrágya” illetően való felrobbanása igencsak felkeltette a robbanóanyag-ipari szakemberek figyelmét, és ennek eredményeként született meg az Európában *ANDO*,<sup>125</sup> Amerikában pedig *ANFO*<sup>126</sup> néven ismert – elsősorban ipari felhasználású – robbanóanyag, mely alapváltozatában 94% ammóniumnitrátból és 6% gázolajból készül, akár a robbantás helyszínén történő összekeveréssel.<sup>127</sup>

Az ipari robbanóanyagok fejlődésének második szakasza a *robbanóanyag 1958-as felfedezésével kezdődött* (Melvin A. Cook és H. E. Farnham).<sup>128</sup> A robbanóanyagok elsősorban az ammóniumnitrát és más nitrátok vizes oldatait, égő (alumíniumpor, glikol stb.) és érzékenyítő anyagokkal (TNT, nitropenta, hexogén) keverve. Töltényezhetőek és a helyszínen bekeverhetőek, tartálykocsiból a fűrólyukba szivattyúzhatók. Hatóerejük 3–6-szorosa az *ANDO/ANFO*-énak. További nagy előnyük az *ANDO*-val szemben, hogy vizes fűrólyukakba is tölthetőek, de csak +4 °C-ig működnek megbízhatóan; alacsonyabb hőmérsékleten megdermednek és bizonytalanul detonálnak.<sup>129</sup>

Az ipari robbanóanyagok fejlődésének harmadik szakaszát az *emulziós robbanóanyagok* megjelenése jelentette. Az USA-ban 1964-ben mutatták be az első emulziós robbanóanyagot, de az igazi fellendülést az 1980-as évek elején lehetett megfigyelni. Ezt bizonyítja az a tény, hogy az emulziós robbanóanyagokkal kapcsolatban 1969–1983 között benyújtott több mint 70 szabadalomból 40-nél többet 1981 és 1983 között jegyezték be.<sup>130</sup> Ebben az új robbanóanyagban nagyon kis átmérőjű ammóniumnitrát-oldat cseppeket ( $\varnothing 10^{-4}$  mm) vontak be vékony olajréteggel a speciális gyártási technológia során. Ennek következtében a robbanóanyag vízálló lett, ugyanakkor a speciális emulgeáló szer miatt robbanási tulajdonságait akár –25–30°C-on sem veszíti el. Mivel az emulzió önmagában nem tartalmaz robbanóanyag 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 üvegyöngy szerepe az emulzióban az, hogy az indító töltet robbanásakor képződő lökéshullám által létrehozott nagy és gyorsan terjedő nyomás hatására a bennük lévő üregecskék energiakonzentrációt (ún. „forró pontot”) generálnak, amely elegendő a vele szomszédos robbanóanyag rész detonációjához, ilyen módon a láncreakció továbbviteléhez. Az emulzióba kevert üvegyöngy mennyiségével egyben szabályozható a gyártott robbanóanyag iniciálhatósága, továbbá a külső hőmérsékletre való illesztése.

<sup>122</sup> Picatinny Liquid Explosive, 95% nitrometán és 5% etilén-dinitramin keveréke.

<sup>123</sup> Az 1947. április 16-án és 17-én az SS Grandchamp és az SS Highflyer fedélzetein bekövetkezett robbanások 567 ember életét követelték.

<sup>124</sup> 1947. július 28-án az SS Ocean Liberty robbant fel.

<sup>125</sup> Ammóniumnitrát és „diesel oil”.

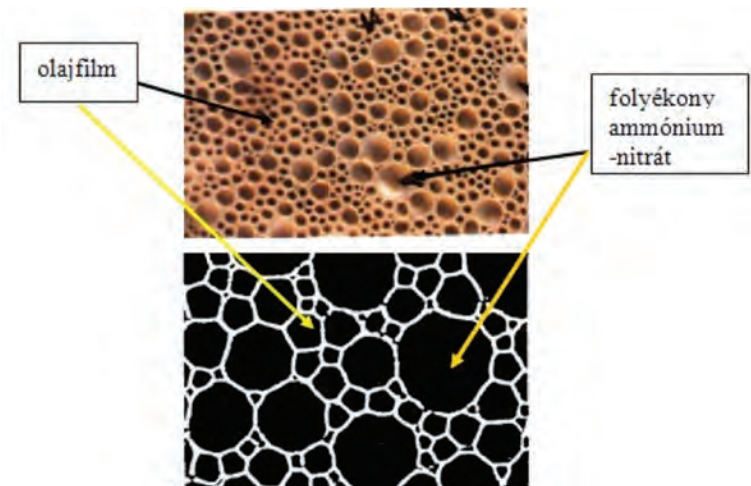
<sup>126</sup> Ammóniumnitrát és „fuel oil” (utóbbi a gázolaj elnevezése az USA-ban).

<sup>127</sup> Baron V. L. – Kantor B. H.: *Tyehnyika i tyehnologija vzrивnih rabot v SzSA (A robbantási munkák technikája és technológiája az USA-ban)*. Nyedra, Moszkva, 1989, 49–50.

<sup>128</sup> *TM 9–1300–214. Military explosives technical Manual*. Headquarters, Department of the Army, Washington DC, USA, 1984, 2–22.

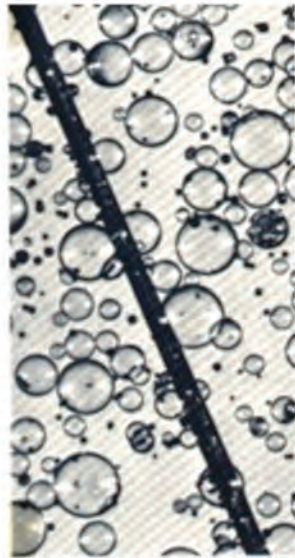
<sup>129</sup> Baron V. L. – Kantor B. H.: *Tyehnyika i tyehnologija vzrивnih rabot v SzSA (A robbantási munkák technikája és technológiája az USA-ban)*. Nyedra, Moszkva, 1989, 76. és Dr. Földesi János: *Robbanó emulziók és emulziókkal végzett külszíni robbantások tapasztalatai*. Az MH SZCSP Műszaki Főnöksége továbbképzésére készített előadás, Baja, 1993.

<sup>130</sup> Baron V. L. – Kantor B. H.: *Tyehnyika i tyehnologija vzrивnih rabot v SzSA (A robbantási munkák technikája és technológiája az USA-ban)*. Nyedra, Moszkva, 1989, 82.



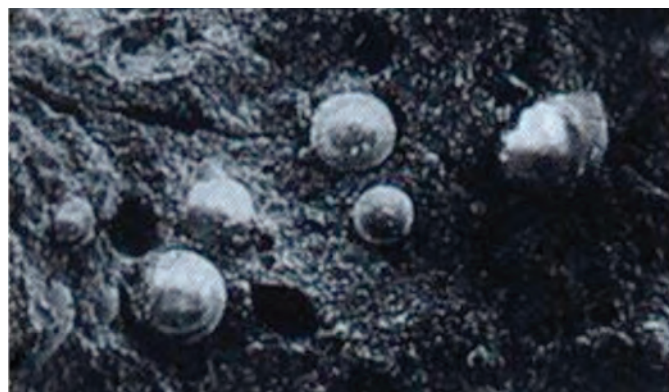
4. ábra

*Az emulzió képe 2000-szeres nagyításban<sup>131</sup>*



5. ábra

*Üveggöngy és hajszál mikroszkopikus képe<sup>132</sup>*



6. ábra

*A mikrogyöngyökkel bekevert emulziós robbanóanyag a pásztázó elektronmikroszkóp alatt<sup>133</sup>*

<sup>131</sup> EMULITE is breaking new ground in bulk blasting. Nitro Nobel gyártmányismertető, 3.

<sup>132</sup> 3M AG. Glass Bubbles gyártmányismertető, 2.

<sup>133</sup> EMULITE is breaking new ground in bulk blasting. Nitro Nobel gyártmányismertető, 3.



7. ábra

*Az emulzió, a keverő berendezés és a kész ANDO–ÉV gyutacsérzékeny emulziós robbanóanyag<sup>134</sup>*

Az emulziós robbanóanyagok az elmúlt 15-20 évben hatalmas változásokon mentek keresztül, és még ma is a fejlődés stádiumában vannak. Az üvegyöngyön kívül létezik a robbanóanyagnak gázosított buborékokat tartalmazó változata is, melynél a gyártás során az anyaghoz kevert gázfejlesztő anyag segítségével hozzák létre a „forró pontokat” képező üregecskéket.

A fentebb bemutatott emulziós robbanóanyagok főbb jellemzőit a 2. melléklet foglalja össze.

#### 1.4. A magyar honvédségnél alkalmazott robbanóanyagok a századfordulótól napjainkig

Az Osztrák–Magyar Monarchia közös hadseregében a lőport (feketelőpor), a dinamitot és 1892-ig a hadi „repsző-gelatine-t” használták. Ez utóbbi a hadi kormányzat rendelkezése alapján saját fejlesztésű robbanóanyag volt, mely már kis távolságú lövéssel szemben is érzéketlen maradt (ellentétben az egyébként alkalmazott hagyományos „repsző-gelatine”-nal). Ezt a képességét 96% „repsző-gelatine” és 4% kámför megfelelő keverésével érték el. Ennek ellenére 1892 után a katonai gyakorlatban a hadi „robbantó-gelatine”-t az ekrazit (pikrinsavas robbanóanyag) váltotta fel, melynek hatása ugyanakkora volt, mint a dinamit (dynamit), sőt vasszerkezetek robbantása esetén még felül is múlta azt.<sup>135</sup>

A *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* (1899) tankönyv ennek megfelelően a lőport, a dinamitot és az „ékrazitot (pikrinsav)” sorolja fel mint az aknatöltetek robbantószereit. Ezen belül a tábori felszerelés szabványos robbantószere az ekrazit volt, melyből 1 kg-os robbantószelencéket készítettek a lovasság utászszakaszai részére. A szelence vízállóan forrasztott (0,3 mm vastag) fémhátdog burkolattal rendelkezett. Megjegyzendő hogy bár a trotilt (trotyl) nagy mennyiségben gyártották a Monarchia robbanóanyaggyárai (békeidőszakban naponta 16 tonnát, amely a háborús készülődés időszakában napi 36,7 tonnára növekedett), felhasználására mégis kizárólag tűzérzési lőszerként került sor.

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

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

<sup>134</sup> Fotó: Lukács László (készült: a MIKEROBB Kft. üzemében).

<sup>135</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 37–38.

Mindez egy 1932-es tanulmányban<sup>136</sup> olvasható, mely a Magyar Honvédség robbanóanyagokkal való ellátottságának helyzetét vizsgálta a Monarchia felbomlása után. A szerző megemlíti, 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 – írja a szerző – a háborús irodalom azon adata, mely szerint a francia hadszíntéren a visszavonult csapatok kilométerenként 0,5 t robbanóanyagot használtak fel a területrombolás céljaira.

Az 1928-ban megjelent *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet, I. rész, Robbantások* című minisztériumi kiadvány szerint a honvédségnél rendszeresített „robbantó anyagok” a következők: ekrazit (pikrinsav), trinitrotoluol (trotil), cseppfolyós levegő (oxiliquid) és lőgyapot.<sup>137</sup>

A honvédségnél nem rendszeresített, de gyakran használatos „robbantó anyagok” között említi az alábbiakat: ammonsalétromos robbantóanyagok, chlorát és perchlorát robbantóanyagok, valamint bányalégbiztos robbantóanyagok. Használatban maradt még természetesen a feketelőpor is, melyet kisebb robbantásokhoz 0,1 kg tömegű, papírba csomagolt lőportöltény formájában alkalmaztak. Nagyobb robbantások előkészítésekor a lőport hordókban vagy nagyobb edényekben kellett elhelyezni, az utasítás rendelkezései szerint.

A honvédség műszaki csapatainak rendszeresített robbanóanyaga továbbra is az ekrazit maradt, melynek megjelenési formái az 1 és a 0,5 kg-os robbantószelence, illetve a 0,1 kg-os robbantótöltény voltak. Az 1891–1892-es állapothoz képest változást csak a hasáb alakú szelencék méretében figyelhetünk meg (a 60 × 60 mm-es alaplap 63 × 63 mm-re, a 204, illetve 104 mm-es magasság 207, illetve 100 mm-re módosult). A trotilt továbbra is csak tüzérségi lövedékek és egyes gyutacsajták gyártásához alkalmazták.

A cseppfolyós levegőt (mely 3/4 rész nitrogénből és 1/4 rész oxigénből állt) helyszíni bekeverésű és azonnali felhasználású robbanóanyagként tárgyalja az utasítás. A mártó edényből való kiemelés után a helyszíni készítésű robbantótölténnyel 5 percen belül végre kellett hajtani a robbantást, ha jó eredményt akartak elérni; ebben az esetben a cseppfolyós levegő robbanásának hatása megegyezett az I. számú dinamittöltényével.

A *lőgyapotot* (nitrocelluloze) töltény alakban alkalmazták, és az utasítás mint veszélyes kezelésű robbanóanyagot említi.

A nem rendszeresített, de a honvédség által is alkalmazott robbanóanyagok ismertetése a már idézett *Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok* (1932) tanulmánnyal van összefüggésben, mely a Monarchia felbomlása következtében a robbanóanyag-gyártásban keletkezett űr (gyártási kapacitás hiánya) megoldási lehetőségeit vizsgálja. A szerző annak a véleményének ad hangot, hogy a robbanóanyaggal történő ellátást minden állam a saját iparától várja, „mert szem előtt tartja azt a tényt, hogy a külföldtől importált mennyiségek aranyba és az esetleg késedelmesen beérkező mennyiségek súlyos véráldozatokba is kerülnek... A háború megvívásában az igazi sikert csakis az jelentheti, ha a hadműveleti győzelemhez a gazdasági győzelem is csatlakozik.”<sup>138</sup> Mivel azonban a robbanóanyag-gyártás nemcsak szándék és ipari kapacitás kérdése, hanem feltételezi a szükséges nyersanyagok meglétét is (mely Magyarország esetében szintén szűk keresztmetszet volt bizonyos robbanóanyagoknál), „tehát a technika feladatát képezi az adott nyersanyagokkal a szükséges mennyiségeket mégis előteremteni”. Ezért jelenik meg a szabványos és a pótrobbanóanyag fogalma a szerzőnél, valamint a kétféle robbanóanyag-kategorizálás az utasításban: „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 pót-robbanóanyagok 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 szerző az ammonsalétromos<sup>139</sup> és dinamit típusú pótrobbanóanyagok hazai előállításának és katonai szükségfelhasználásának lehetőségeit vizsgálta. Véggkövetkeztetése pozitív: a gyártásnak semmilyen akadályát nem látja, ugyanakkor megfelelő rendszabályok bevezetése esetén lehetséges a háborús helyzetben való tömeges felhasználás (erre

<sup>136</sup> H. T. I.: Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok – a Haditechnikai tájékoztató sorozat 17. közleménye. *Magyar Katonai Szemle*, 6. füzet, Budapest, 1932, 123–134.

<sup>137</sup> E–34. (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 15–37. pontok, 41–58.

<sup>138</sup> H. T. I.: Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok – a Haditechnikai tájékoztató sorozat 17. közleménye. *Magyar Katonai Szemle*, 6. füzet, Budapest, 1932, 126–127.

<sup>139</sup> Ammóniumnitrát alapú.



viszont már békeidőszakban fel kell készíteni a katonákat). Ez tükröződik a *Műszaki oktatás* vonatkozó fejezetében is.

Az 1932-es tanulmányban foglaltak igazát bizonyította a II. világháború, mikor a rendszeresített robbanóanyag-készletek kimerülése után (a gyártáshoz szükséges alapanyagok beszerzésének reménytelensége miatt) bevezették a „búza-, kukorica- és burgonyakeményítőből előállított robbanóanyagot”, a tri II.-t (nitrokeményítő), melynek „energiatartalma, brizanciája nagyobb, mint a TNT-é, de kevésbé stabil”.<sup>140</sup> A tri II. nem megfelelő kezelésbiztonságát hangsúlyozza egy volt felhasználója 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>141</sup> gyulladt be, az emberem halálát okozva.”<sup>142</sup>

A 9586/el. körrendelettel (1934. XII. 21.)<sup>143</sup> rendszeresítették – az ekrazit „megtartása mellett” – a 34. M. 1 kg-os és a 1/2 kg-os robbantószelencét, valamint a 0,1 kg-os robbantótöltényt, melyek „műszaki leírását, kezelési, gyártási és átvételi leírását az elrendelő később adja ki”. A 89.876/el. 7/m.-1941 körrendelet (1941. VII. 3.)<sup>144</sup> viszont már törölte az 1 kg-os robbantószelencét a honvédség felszereléséből. A 87.588/el. 7/m.-1942 körrendelet (1942. III. 17.)<sup>145</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>146</sup> hak.<sup>147</sup> és éra.<sup>148</sup> robb. préstest kiviteli formájában”. II. világháború befejezése előtt, a „páncél rombolás eszközeiként” rendszeresítették – a 77.972/el. 7. m. 1944.<sup>149</sup> – alapján az 1 és 3 kg-os robbantótöltetet, pentritol robbanóanyagból.

A II. világháború után a honvédségen belül is megjelent a változás. Az addigi – főleg német és osztrák – robbantási elveket felváltották a szovjet elvek. A Honvédelmi Minisztérium 1950-ben először egy *Robbantási segédletet*, majd egy *Ideiglenes robbantási utasítást* vezetett be.

Mindkét szabályzat a háború utáni állapotokat tükrözte: mint annyi minden másból, robbanóanyagból is kevés volt, a gyárak nem működtek, ugyanakkor a rengeteg sérült épület bontása többnyire csak robbantással volt elvégezhető. Ezt a munkát szinte a feladat végrehajtásával egy időben tanulta meg az egyetlen, „szakértőként” tömegesen bevethető erő, a műszaki alegységek. Ebből következően a műszaki csapatok is azzal robbantottak, ami éppen a rendelkezésükre állt. (Gondoljunk arra, hogy az '50-es évek rengeteg tűzszerész balesetének egyik fő oka az a rendelet volt, mely szerint a fel nem robbant bombákból és nagy ürméretű tüzérségi lőszerkekből ki kellett szedni a robbanóanyagot, melyet aztán újból hasznosítottak.)

A műszaki csapatok által használt robbanóanyagoknál bemutatták az iniciáló robbanóanyagokat (kizárólag csak iniciáló eszközökben való felhasználással), a magas, a közepes és az alacsony hatóerejű brizánsokat, valamint a ballisztikus (toló hatású) robbanóanyagokat. A magas hatóerejű robbanóanyagokat főleg szilárd építmények (beton és vasbeton erődítési építmények) robbantásánál javasolták alkalmazni mint külső hatású vagy mint különleges tölteteket. A közepes hatóerejű robbanóanyagokat a robbantások valamennyi fajtájánál (fémek, szikla, föld, fa), továbbá a gyalogsági és harcokosi elleni aknáknak töltésére és szóróaknáknak készítésénél használták. Az alacsony hatóerejű robbanóanyagokat föld- vagy sziklarobbantásnál, kamrákban és fűrt lyukakban alkalmazták, továbbá szóróaknákat, gyalogsági és harcokosi elleni aknákat töltöttek velük.

*A magas hatóerejű robbanóanyagok és felhasználásuk:*

- hexogén: gyutacsokban másodtöltet, durranó gyújtózsínórban;
- ten: gyutacsokban másodtöltet, durranó gyújtózsínórban és lőszerkeket detonátoraként;
- tetril: lőszerkeket detonátora, gyutacsok második töltete, durranóhiganyal keverve durranó gyújtózsínórban;
- robbanószelatin (93%-os dinamit): robbantási feladatok.

*A közepes hatóerejű robbanóanyagok és felhasználásuk:*

- trotil: lőszerfajták töltése, robbanótestek előállítás: 200 g-os kis és 400 g-os nagy szelence, 75 g-os töltény;
- melinit (pikrinsav): harcokosiaknáknak töltése, a trotiléval megegyező méretű és tömegű robbanótestek;

<sup>140</sup> Bohus G. – Horváth Z. – Papp J.: *Ipari robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983, 78.

<sup>141</sup> A tri II-t nemcsak utász robbanóanyagként, hanem aknáknak töltésére is használták.

<sup>142</sup> Damó Elemér: Műszaki csapatok a Kárpátokban a II. világháború alatt. *Műszaki Katonai Közlöny*, 1994/Különszám, 50.

<sup>143</sup> *Honvédségi Közlöny*, 1. szám, 2.

<sup>144</sup> *Honvédségi Közlöny*, 33. szám, 404.

<sup>145</sup> *Honvédségi Közlöny*, 17. szám, 181.

<sup>146</sup> 43 M tányérakna.

<sup>147</sup> Harckocsiakna.

<sup>148</sup> Érintő repeszakna.

<sup>149</sup> *M. kir. Honvédelmi Miniszter 77.972/el. 7. m. 1944. 1 és 3 kg-os robb. töltet kezelési utasítása*. Attila nyomda részvénytársaság, Budapest, 1944.

- francia keverék: 80% pikrinsav és 20% dinitronaftalin öntvénye, az adatok megegyezők a melinitével;
- „L öntvény”: 5% xilil és 95% trotil öntvénye; harcokosiaknak és különleges töltetek töltése, trotil robbanótestekével megegyező méretű és tömegű robbanótestek;
- 63%-os dinamit: robbantási feladatok;
- 50/50-es amatol: 50-50% ammonsalétrom és trotil, harcokosi-, gyalogsági és szóróaknak töltése, egyéb robbantási feladatok;
- ammonál: 82% ammonsalétrom, 12% TNT, 6% alumíniumpor, felhasználása azonos az amatoléval.

*Az alacsony hatóerejű robbanóanyagok és felhasználásuk:*

- 80/20-as amatol: 8% ammonsalétrom, 20% trotil; föld- és sziklarobbanás; gyalogsági, harcokosi- és szóróaknak töltése;
- ammoxil: 82% ammonsalétrom, 18% xilil, felhasználása azonos az amatoléval;
- 88/12-es ammonit: 88% ammonsalétrom, 12% trotil, felhasználása azonos az amatoléval;
- 2K sz. ammonit: 88% ammonsalétrom, 12% xilil, felhasználása azonos az amatoléval;
- dinaftalit: 88% ammonsalétrom, 12% dinitronaftalin, felhasználása azonos az amatoléval;
- K. dinamon: 90% ammonsalétrom, 10% faliszt, felhasználása azonos az amatoléval;
- T. dinamon: 90% ammonsalétrom, 10% tőzeg, felhasználása azonos az amatoléval;
- kloratit: szóróaknakhoz és robbantások végrehajtására (nyújtott töltésként nem alkalmazható);
- 29%-os grizutin: 29% nitroglicerin tartalmú dinamit, csak robbantási feladatokhoz;
- 12%-os grizutin: 12% nitroglicerin tartalmú dinamit, csak robbantási feladatokhoz.<sup>150</sup>

*Az Ideiglenes robbantási utasításban* először jelenik meg a gyárilag készített kumulatív töltet, melyet páncélkupolák, lőrésék, betonerdők vasbeton falai átütésére javasolnak használni. A 10 kg tömegű kumulatív töltet főbb hatásadatai:

- páncélátütő képessége 350 mm (35-50 cm távolságról);
- betonátütő képessége 1,0 m (35-50 cm távolságról);
- téglafalátütő képessége 0,7 m (5-6 m távolságról).<sup>151</sup>

Az 1950-ben megjelent *Segédletet és Ideiglenes utasítást* követő, titkos minősítésű *Robbantások*<sup>152</sup> című minisztériumi kiadvány tárgyalja először és utoljára a katonai robbantási szakkönyvek közül a saját készítésű robbanóanyagokat, valamint az időzített (késleltetett működésű) gyújtóelegyeket.

*Az Ideiglenes robbantási utasítást* csak 1965-ben váltotta fel egy újabb, a *Mű/2. Robbantási utasítás*. A robbanóanyagok kategorizálása változatlan maradt, a katonai felhasználású anyagok száma viszont csökkent. Uralkodóvá vált a trotil, ugyanakkor külön melléklet foglalkozik a polgári (ipari) robbanóanyagokkal, *A népgazdaságban használatos robbanóanyagok ismertetése* címmel (nem említve ezek katonai felhasználhatóságának területeit és módszereit).

*A magas hatóerejű robbanóanyagok és felhasználásuk:*

- ten:<sup>153</sup> gyújtózsínórokban és gyutacsokban;
- hexogén: tiszta állapotban, gyutacsokban és plasztikus robbanóanyagokban; 30/70 hexotol (hexogén-trotil keverék) kumulatív töltetekben; PSM–250 magas hatóerejű robbanótest alapanyaga;
- tetril: közbenső detonátorként és gyutacsokban.

*A közepes hatóerejű robbanóanyagok és felhasználásuk:*

- trotil: a honvédség fő robbanóanyagává válik, 200 és 400 grammos TNT-szelence, valamint 75 grammos TNT-töltény formájában;
- pikrinsav: lőszerke szerelése;
- plasztikus robbanóanyag: flegmatizált nitropenta alapanyagú, 1 kg tömegű „téglák”.

*Az alacsony hatóerejű robbanóanyagok és felhasználásuk:*

- ammóniumsalétromos robbanóanyagok: azok az ammonitok (amatolok), melyek legalább 20–25% TNT-t tartalmaznak; földrobbantás, harcokosi elleni aknak és különböző rombolóaknak töltete.

<sup>150</sup> E–mű. I. *Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 11–12.

<sup>151</sup> *Uo.*, 126–128.

<sup>152</sup> *Robbantások*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1953, 11–14.

<sup>153</sup> Nitropenta (PETN).

*A toló hatású robbanóanyagok (lőporok) felhasználása:*

- fekete (füstös) lőpor: repesz- és jelzőaknák töltete, időzített gyújtózsínórok készítése;
- füst nélküli lőpor: rakétatöltetként.<sup>154</sup>

A gyárilag szerelt kumulatív töltetek két típusát említi az utasítás: az orosz KZ–2 töltetet<sup>155</sup> és a magyar fejlesztésű utász kumulatív kéziaknát, UKA néven.<sup>156</sup>

5. táblázat

*A kumulatív töltetek főbb hatásadatai*<sup>157</sup>

	<b>KZ–2</b>	<b>UKA</b>
páncélatütő képesség (mm)	300	350
vasbeton-átütő képesség (mm)	1300	–
kő- és téglátütő képesség (mm)	2000	–

A ma is érvényben lévő *Mű/213. Robbantási utasítás 1971-ben jelent meg*, majd 1976-ban és 1986-ban bővült robbanóanyagokkal kapcsolatos kiegészítésekkel. Ezek alapján az alábbi robbanóanyagok vannak/voltak rendszeresítve a Magyar Honvédségnél:

- trotil préstestek mint utász robbanóanyag, 75, 200, 400 g-os kiszerelésben;
- FRT földrobbantó töltetek, melyek tömege 2,5 és 5 kg, anyaguk öntött trotil, préselt trotil detonátorral;
- SEMTEX–1H plasztikus robbanóanyag (flegmatizált nitropenta alapú), 2,5 kg-os „tégglákban”;
- SzZ–1E szalagtöltet, 1 kg tömegű (7 mm vastag, 50 mm széles, 2000 mm hosszú) tekercekekben; flegmatizált nitropenta alapú, volt szovjet import).<sup>158</sup>

A *Mű/213.* már csak a korábban utász kumulatív kéziaknáként (UKA) jelzett gyári kumulatív töltetet említi, de most már erődrobbantó kumulatív kéziakna (EKA–62) néven. A *210/2000. (HK 15.) SZVK MŰF* rendelkezéssel rendszeresítették a KKT–A és KKT–T (kisméretű kumulatív töltet) tölteteket. A kúpos kiképzésű kumulatív üreggel készült KKT–A (tömege 50 gramm, átmérője 25, hossza pedig 110 mm) rendeltetése szórt aknák, valamint fel nem robbant tűzérési lőszer megsemmisítése, hatástalanítása. A félgömb alakú kiképzéssel rendelkező KKT–T fagyott vagy sziklás talajban robbantólyukak kialakítására készült (tömege 200 gramm, átmérője 40, hossza 110 mm).

## 1.5. Robbanóanyagok a hazai ipari robbantástechnikában

A hazai robbanóanyag-gyártás bemutatását – sajnálatos módon – csak történeti áttekintés formájában tehetjük meg. A dicső múlt után ma már csak a helyszíni bekeverésű (akár a bányüzem területén előállított) ANDO és – utolsó képviselőként – az ANDO–V emulziós robbanóanyagokat előállító miskolci MIKEROBB Kft. maradt.

Az ANDO viszonylag kis teljesítményű helyszíni bekeverésre jó példa a Magyar Robbantástechnikai Egyesület 2008. április 3-án tartott, *A Keszthely környéki kőbányák robbanóanyaggal való ellátása és a robbantások nemkívánatos hatásai* című szakmai napján<sup>159</sup> bemutatott, *ANFO MIXER 1000 keverőberendezés* (lásd a 8. ábrát), mellyel normál ANDO-t, alumíniumpor érzékenyítésű ANDO-t és „vízálló ANDO”-t is lehet gyártani. A keverőberendezés teljesítménye: 45 kg/perc. Egy 25 kg-os zsák töltése és levarrása 1 percet vesz igénybe.

A mobil keverő berendezés *helyi működésének előnyei:*

- a nagy tömegű robbanóanyag szállítási útja lerövidül;
- a robbanóanyag szállítási költségei csökkennek;
- az időjárás kevésbé befolyásolja a biztonságos robbanóanyag-ellátást;
- nem kell nagy kapacitású robbanóanyag-raktárakat üzemeltetni;
- a robbanóanyag szállításához nincs szükség nagy teljesítményű, ADR-vizsgás gépkocsira.

<sup>154</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965, 25–34. pontok, 11–17.

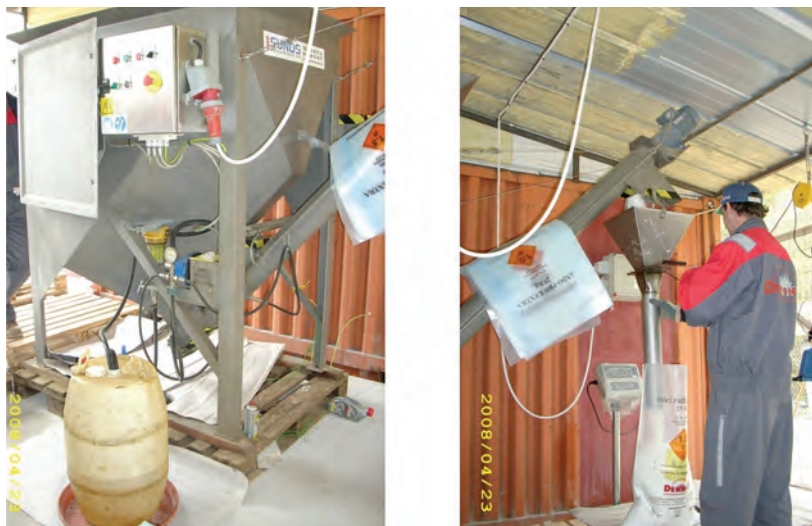
<sup>155</sup> *Uo.*, 42. pont, 25–26.

<sup>156</sup> *Uo.*, 44. pont, 29–31.

<sup>157</sup> A szerző által készített táblázat.

<sup>158</sup> Bevezetve a 36/1986. (HK. 23) MN MŰF intézkedéssel, a *Mű/213. Robbantási utasítás* 3. számú kiegészítéseként.

<sup>159</sup> Dr. Földesi János: A Keszthely környéki kőbányák robbanóanyaggal történő ellátása. *Robbantástechnika*, 29. szám, 2008. április, 1–7.



8. ábra

*ANFO MIXER 1000 keverő berendezés<sup>160</sup>*

Újonnan jelent meg Magyarországon az Austin Powder Hungary Kft. – jelenleg még hazai kipróbálás stádiumában álló – *keverő-töltő gépkocsija*. Segítségével a robbantás helyszínén lehet a járművön külön-külön tartályokban elhelyezett alapanyagokból többféle robbantóanyagot előállítani az igényeknek megfelelően, úgymint:

- ANDO/ANFO.
- Emulziós robbantóanyag:
  - gázbuborék érzékenyítéssel vagy
  - üveggyöngy (mikroballon) érzékenyítéssel (lásd az 1.3.5. alfejezetet).
- Heavy ANDO/ANFO, amelyben < 50% az emulzió.
- Szivattyúzható „Blendek”, ahol > 50% az emulzió.

Az eszköz főleg a bányavállalatok robbantóanyag-igényeinek kielégítésére szolgál. Maximum 9000 kg robbantóanyag egyidejű bekeverésére és a fűrőlyukakba történő beszivattyúzására képes (ebből 3500 kg az ANDO és 5500 kg az emulziós robbantóanyag). A gyártó szerint 5000-6000 kg robbantóanyag egyidejű felhasználása esetén gazdaságos az alkalmazása.

A keverő-töltő gépkocsi alkalmazásának előnyei (a Magyar Robbantástechnikai Egyesület által 2015-ben, Uzsán szervezett bemutató szakmai napon elhangzottak alapján):

- A Heavy ANFO-féleségek csak a robbantólyukba beszivattyúzást követően alakulnak át robbantóanyaggá, amikor a gázfejlesztő adalékanyag hatására kialakulnak bennük az érzékenyítő gázbuborékok (Heavy ANFO = emulzió és ANDO prill keveréke).
- A betöltött robbantóanyag nem gyutacsérzékeny.
- A közúton nem történik robbantóanyag-szállítás (az alapanyagok külön-külön nem robbantóanyagok).
- Elmarad a robbantóanyagok csomagolási költsége, a csomagolóanyag után nem kell termékdíjat fizetni.
- A Heavy ANFO minősége a helyszínen sűrűségméréssel ellenőrizhető; ehhez a keverő-töltő kocsin mérőedény és digitális mérleg áll rendelkezésre (a Heavy ANFO-féleségek minőségét a töltés során többször is ellenőrzik, a mérési adatokat rögzítik).
- Nincs szükség nagy robbantóanyag-raktárakra, csak az indítótölteteket és gyutacsokat kell kisméretű ADR-es gépkocsival a robbantás helyszínére szállítani.
- A betöltött robbantóanyag-tölteteket a robbantási tervben meghatározottaknak megfelelően, lyukanként adagolja a számítógép vezérelte rendszer, melyről papír alapú, objektív jelentést is készít.
- A mérgező gázok (CO és NO<sub>x</sub>) mennyisége a helyszínen előállított ANDO és emulzió keverékeknél a legkisebb.
- A kitűnő vízálló tulajdonsággal rendelkező Heavy ANFO robbantóanyagok alkalmazásával nincs szükség a robbantólyukak víztelenítésére, mivel azok a beszivattyúzás során kiszorítják a vizet a fűrőlyukból; ezáltal csökken a robbantások kivitelezési ideje és költsége.

<sup>160</sup> Fotó: Lukács László.

A hazai robbanóanyag-gyártás megszűnésének folyamatát az egyik legnagyobb volt robbanóanyag-gyártó komplexum, *Peremarton* sorsán keresztül tekinthetjük át talán legjobban, Tóth József cikkének segítségével.<sup>161</sup>

„Az I. világháborút lezáró trianoni békeszerződés következtében mindhárom magyar robbanóanyaggyár (Pozsony, Zurány, Trencsén) a határon kívülre került. Pozsonyt és Trencsént 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 megkezdték 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 újolag üzembe, és a termelés a következő év januárjában már megindult. A »Magyar Robbanóanyaggyár« ammon-salétromos robbanóanyagokat gyártott, többé-kevésbé manufakturális 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 robbanóanyaggyár 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 alapkövetétel 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 nitroglicerinnel (napi 1000 kg), november 20-ától pedig a dinamitféleségek gyártása is (65, illetve 45% nitroglicerintartalommal, valamint nehezen fagyó dinamit 55,8% nitroglicerinnel 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 kiváltásuk, 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 robbanóanyag, közel 85 t nitroglicerines robbanóanyag, több mint 110 tonna vegyes fajtájú lőpor és 425 ezer karika (3400 km) gyújtózsínör volt.

1939. augusztus 20-án megkezdte a termelést a durranóhigany (higany-fulminát) töltésű robbanózsínört 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, gyújtózsínorból 1 millió karika (8000 km) volt a termelés.

E szép adatok mellett meg kell említeni azt a tény 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 Paxit üzem 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.”

A rendszerváltás után a 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 jelentősen megváltoztak. Azért, hogy a megváltozott igényeknek a vállalat által gyártott termékek 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.

<sup>161</sup> Tóth József: Az iparirobbanóanyag-gyár rövid története. Előadás a *Fúrás-Robbantástechnika* 2008 Nemzetközi Konferencián, Vác, 2008. IX. 16–18. Megjelent a *Robbantástechnika* periodika konferencia különszámában, 24–31.



9. ábra

*EMULGIT robbanóanyag gyártása<sup>162</sup>*



10. ábra

*A gázfejlesztés leállítása a robbanóanyagban hideg vizes közegben<sup>163</sup>*



11. ábra

*Az elkészült EMULGIT robbanóanyag<sup>164</sup>*

6. táblázat

*Az Ipari Robbantó Kft. emulziós robbanóanyagai*

	<b>Emulgit LWC AI</b>	<b>Emex AN</b>	<b>Emulgit 82 GP</b>
Sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )	1,15	1,20	1,20
Detonációsebesség (m/s)	3500	4400	3700
Kritikus átmérő (mm)	30	65	50
Gyutacsérzékeny	igen	nem	igen
Használható	0 és +50 °C		
Tárolható	6 hónap	12 hónap	6 hónap

Az emulziós termékek mellett az üzem a hazai és az exportpiac igényeinek megfelelően továbbra is gyártotta a közkezdvelt ANDO-féleségeket, melyeket a legkiválóbb német ammónium-nitrát prillből állítottak elő.

<sup>162</sup> Fotó: Lukács László (készült: az Ipari Robbantó Kft. Emulgit gyártó üzemében).

<sup>163</sup> Fotó: Lukács László (készült: az Ipari Robbantó Kft. Emulgit gyártó üzemében).

<sup>164</sup> Fotó: Lukács László (készült: az Ipari Robbantó Kft. Emulgit gyártó üzemében).



12. ábra

Német ammónium-nitrát prill konténerek Peremartonban<sup>165</sup>

7. táblázat

Az Ipari Robbantó Kft. ANDO típusú robbanóanyagai

Jellemző	HANAL-1U	Prillex 1
Sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )	0,75	0,8
Detonációsebesség (m/s)	> 1500	> 2500
Min. átmérő (mm)	32	65
Használható (°C)	-20 ... +40	
Max. tárolási idő (hónap)	6	

2007-ben a spanyol MaxamCorp Holding S.L. felvásárolta a német WESTPRENG GmbH.-t, és ezzel együtt a korábbi Ipari Robbantó Kft. is a cég tulajdonába került, MAXAM Magyarország Kft. néven. A kezdeti időkből a spanyol anyavállalat még fenntartotta a bemutatott német EMULGIT robbanóanyagok gyártását a telephelyen, majd a gyártóüzem konzerválását követően a saját robbanóanyagait kezdte forgalmazni a magyar partnervállalatot keresztül (a vállalatnál egyedül a HANAL 1 U, ANDO típusú robbanóanyag gyártása maradt meg).

A vég: a MAXAM 2015-ben kivonult Magyarországról, a peremartoni gyártelep bezárásának adminisztratív munkái folynak jelenleg.

Hasonlóképpen ma már csak történelem a trotil robbanóanyagot is gyártó, sajnálatosan felrobbant *sajóbábonyi üzem*, a *Nitrokémia Ipartelepek* és a hadiipari termékeket is előállító *Mechanikai Művek Rt. Speciális Gyáregysége (Divízió)* is.

A Mechanikai Művek Speciális Divízióval kapcsolatban fontos megemlíteni, hogy 1996-ban kifejlesztett egy olyan új ipari robbanóanyagot, melyhez a korábban a cég által gyártott, majd az Ottawai Egyezmény<sup>166</sup> kapcsán a rendszerből kivont GYATA–64 gyalogság elleni taposóaknáknak, valamint az életidejükét túllépő, így megsemmisítésre ítélt UKA–63 univerzális kumulatív harcokosi elleni aknáknak visszavételét követően a bennük lévő trotil robbanóanyagot használták fel. A műszaki harcanyagokból kinyert TNT delaborálása után, azt újrahasznosítva elkerülhetővé vált a robbanóanyag környezetszennyező megsemmisítése (akár robbantás, akár égetés útján). A trotil és az ipari robbanóanyag ammónium-nitrát granulátum alapanyagaiból viszont létrehoztak egy új, kiváló tulajdonságokkal rendelkező robbanóanyagot, az MM TAMMONIT-ot.<sup>167</sup> (A robbanóanyag főbb jellemzőit lásd a 3. mellékletben.)

A hazai robbanóanyag-gyártás fényes napjainak a korábban gyártott ipari robbanóanyagokat bemutató 4. melléklettel állítunk emléket.

## 1.6. Robbantószerek a hazai robbantástechnikában

A következőkben a töltetek iniciálásának alapjaival, a robbantó- és villamos gyutacsok kialakulásával, az időzített gyújtózsínórok és robbanózsínórok fejlődésével, valamint a NONEL gyújtási rendszerrel foglalkozunk. Az egyes témáknál bemutatjuk a magyar honvédségnél rendszeresített robbantószereket, viszont – terjedelmi okokból – nem foglalkozunk részletesen az olyan egyéb segédeszközökkel, mint például az elektromos kábelek, villamos gyújtógépek stb. Ugyancsak tárgyaljuk a hazai gyártású robbantószereket is.

<sup>165</sup> Fotó: Lukács László (készült: az Ipari Robbantó Kft. telephelyén).

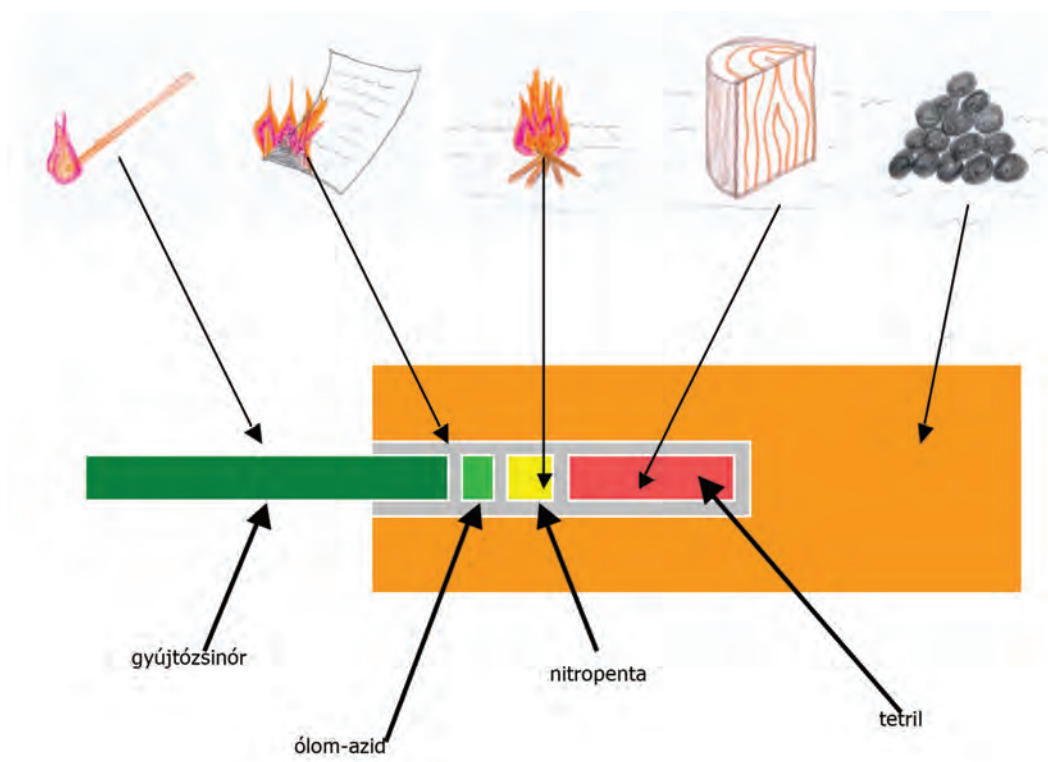
<sup>166</sup> A gyalogsági aknáknak alkalmazásának, felhalmozásának, gyártásának és átadásának betiltásáról, valamint megsemmisítésükről szóló Ottawai egyezmény, 1997 – Magyarország az 1998. évi X. törvénnyel ratifikálta.

<sup>167</sup> Részletesen lásd: Dr. Molnár László: Az MM TAMMONIT megnevezésű robbanóanyag és robbantótöltet család bemutatása, a Mechanikai Művek Rt. Speciális Divízió fejlesztési tevékenységének keretei között. *Műszaki Katonai Közlöny*, 1996/4. szám, 20–33.

### 1.6.1. A töltetek iniciálásának alapjai

A ma alkalmazott ipari és katonai (szekunder) robbanóanyagok stabil képződmények, melyek detonációjának előidézéséhez meghatározott nagyságú kezdő, azaz iniciáló impulzus szükséges. A primer robbanóanyagokat nem tekintve a feketelőpor az egyedüli olyan robbanóanyag, mely valóban láng hatására közvetlenül felrobbantható.

A brizáns (szekunder) robbanóanyagok detonációja (éppen a megfelelő kezelésbiztonság miatt) hőimpulzussal nem hozható létre, a mechanikai behatásokkal (ütés, dörzsölés) szembeni érzékenységük szintén nem jellemző. A detonáció kiváltásához (az önfenntartó kémiai átalakulás elindításához) kellő erősségű lökéshullámra van szükség. Vagyis ahogy a kályhában a szén sem gyújtható meg egy szál gyufával, úgy a mai kor biztonsági követelményeinek megfelelő robbanóanyagok sem robbanthatók fel az említett „szúrólánggal”. Ehhez egy úgynevezett *gyújtási láncot* kell létrehozni, melyben egy kisebb, rendszerint hőenergiával elindított impulzus kerül több közvetítő anyag által addig fokozásra, míg a szekunder robbanóanyag (mint főtöltet) stabil detonációját nem lesz képes kiváltani. Ezt a folyamatot nevezzük másként a töltetek *iniciálásának*.



13. ábra

*Gyújtási lánc egy változata*<sup>168</sup>

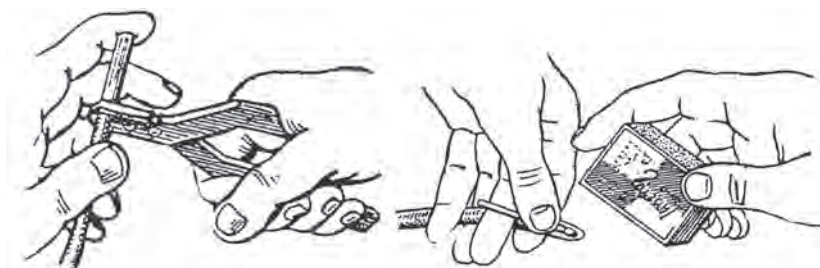
A töltetek iniciálásának *legelterjedtebb módoszatai*:

- a tűzzel való gyújtás;
- a villamos gyújtás;
- a mechanikai gyújtás;
- a vegyi gyújtás.

*A tűzzel való gyújtás* – első hallásra – megtévesztő lehet, hiszen éppen az előbb tisztáztuk, hogy a robbanóanyagok (a feketelőpor és a külön e célra gyártott iniciáló robbanóanyagok kivételével) nem robbanthatóak fel sem egyszerű, sem ún. szúróláng hatására. A gyújtási láncban mindenképpen a gyutacs szekunder töltetének detonációja szükséges a töltet (vagy a főtöltetet robbantó detonátor, booster stb.) felrobbantásához. A tűzzel való gyújtásnál a gyutacsban lévő primer robbanóanyag indítása történik szúrólánggal, melyet az időzített gyújtózsinór segítségével juttatunk el rendeltetési helyére.

<sup>168</sup> Maróthy G. – Bárányi I. – Falkai B.: *Robbanóanyagok I. Általános és katonai robbanóanyagok*. Haditechnikai Intézet, Műszaki Egyetemek és Főiskolák Hadmérnöki Tagozatainak Parancsnoksága, Budapest, 1950, 9. (2. sz. ábra alapján).



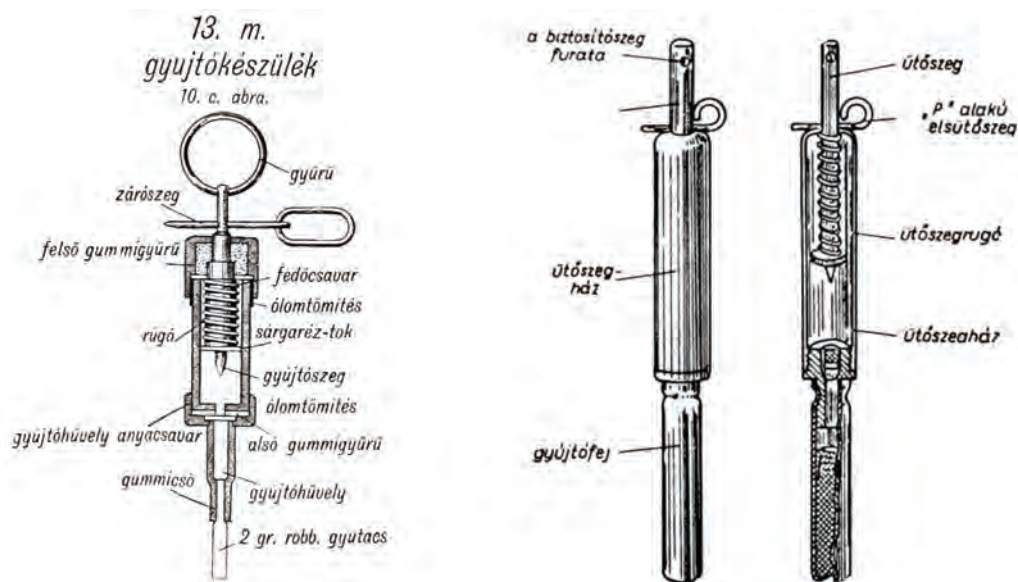


14. ábra

Szerelt gyutacs készítése időzített gyújtószinór és utászgyutacs segítségével<sup>169</sup>

A villamos gyújtásnál ugyancsak „tűzzel” gyújtunk. A különbség annyi, hogy ebben az esetben egy kis ellenállás (az ún. izzószál) hevül fel az elektromos áram hatására, és ez lobbantja be az ezt körülvevő gyúelegyet (pirotechnikai keveréket), mely indítja a gyutacs primer töltetét. A folyamat ezt követően megegyezik az előbb ismertetettel.

A mechanikus gyújtásnál egy ütőszeg csap rá egy csappantyúra, mely ütésre érzékeny primer robbanóanyagot tartalmaz (akárcsak a lőszer kilövésekor a hüvelytalpon található csappantyú), és ennek robbanása indítja a mögötte lévő gyutacsot. Az eljárás nem új (a 15. ábrán láthatunk egy változatot 1928-ból), bár nagyobb mértékű újrahasonosítására a szovjet–finn háború (1939) során megjelent, POMZ–2 típusú, fix telepítésű botlórótos repeszakna tömeges megjelenésekor került sor.



15. ábra

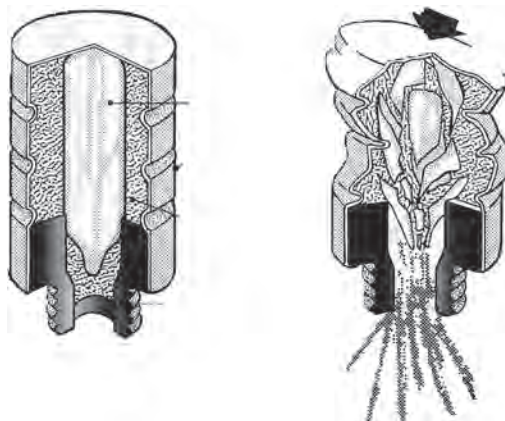
Mechanikus gyújtás 13. mint. gyújtókészülékkel (1928)<sup>170</sup> és MUV-gyújtóval<sup>171</sup>

A vegyi gyújtásnak sokféle módozata ismert. Általában mechanikus úton összetört ampullákból kifolyó és összekeveredő vegyszerekből alakul ki egy gyújtóelegy, melynek öngyulladás után következik be a gyutacs robbanása.

<sup>169</sup> Mű/213., 16–17. sz. ábrák alapján, 37.

<sup>170</sup> E–34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I. rész. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928., 21. ábra, 79.

<sup>171</sup> Kézikönyv a műszaki alegységek szakkiképzéséhez. MN Műszaki Főnökség, Budapest, 1984, 46. ábra, 75.



16. ábra

*A vegyi gyújtó működése*<sup>172</sup>

Összességében tehát azt láthatjuk, hogy tulajdonképpen a gyújtási láncból elengedhetetlen gyutacs robbantása láng (az esetek döntő többségében szúróláng) hatására következik be minden gyújtási módozatnál. Eltérés csak ennek a lángnak a „csiholásában” tapasztalható.

## 1.6.2. Robbantó (utász) gyutacsok

### 1.6.2.1. A robbantógyutacsok kialakulása, fejlődésük

A XIX. század közepéig úgy a katonai, mint az ipari gyakorlatban a feketelőport alkalmazták kizárólagos robbanóanyagként. Mivel ez az anyag láng (szikra) hatására közvetlenül felrobbantható, így nem volt szükség az előző részben említett bonyolult „gyújtási lánc”, illetve annak elemeinek létrehozására. A nitroglicerin 1846-os felfedezése forradalmi változásokat hozott a robbantástechnikában. Az új robbanóanyag hatalmas romboló erejével eddig megoldhatatlannak tűnő építési feladatok végrehajtását tette lehetővé (gondoljunk csak az Alpokban folyó útépitésekre vagy a Dunán, a Vaskapun a hajózást biztosító robbantási munkákra).

A nitroglicerin ipari méretű alkalmazásában nagy jelentőségű volt, mikor többéves kísérletezés eredményeként 1846-ban Alfred Nobel bevezette az *első fémhüvelyes, durranóhigany töltetű gyutacsot* (felváltva a korábbi feketelőpor töltetű detonátorokat) a nitroglicerin töltetek iniciálására. Mivel az akkor már ismert feketelőporos (Bickford-féle) gyújtózsín helyett továbbra sem talált más eszközt, mellyel a pontosan időzíthető robbantást el lehetett volna végezni, olyan robbanóanyagokkal kezdett kísérletezni, melyek lángérzékenysége biztosítja a gyújtózsín által történő robbantást, ugyanakkor a detonációja által előidézett energia elég nagy a nitroglicerin töltet tökéletes robbantásához. Nobel a durranóhiganyban vélte felfedezni a megfelelő tulajdonságokat, melyet egy felül nyitott rézhüvelybe sajtolt, megalkotva ezzel az első gyutacsot. A rézre nem esztétikai megfontolások, hanem a durranóhigany azon „kellemetlen tulajdonsága” miatt volt szükség, hogy más fémekkel érintkezve (főleg ha még nedvességet is kap) cserebomlásba megy, és elveszíti érzékenységét.

Mikor 1867-ben Alfred Nobel elkészítette az első kezelésbiztos, ugyanakkor mégis nagy hatóerejű robbanóanyagot, a gurdinamitot, új problémával szembesült: az új anyag annyira „biztonságos” volt, hogy a nitroglicerinél addig alkalmazott és jól bevált gyutaccsal 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, mely 2,0 g töltetet tartalmazott, már elégségesnek bizonyult a dinamittöltet iniciálásához is. A mai napig az ennek megfelelő robbanóerejű gyutacsokat alkalmazzák a legelterjedtebben a világon<sup>173</sup> az ún. gyutacsérzékeny robbanóanyagok indításához.

<sup>172</sup> *Military Engineering*, Volume II, Field Engineering, Pamphlet No. 6. Detection and Clearance of Mines and Explosive Devices. Fig 1–4. alapján, 1–18.

<sup>173</sup> Minden 8-as erősségű gyutacs robbanási energiájának – függetlenül annak összetételétől, felépítésétől – egyenértékűnek kell lennie 2 gramm durranóhigany robbanási energiájával.

8. táblázat  
A Nobel-féle gyutacssorozat<sup>174</sup>

A gyutacs száma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Durranóhigany súlya g-ban	0,3	0,4	0,50	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

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 fejlődés következő állomásaként a gyutacshüvely fenekén egy kúpos bemélyedést is kialakítottak, azzal a céllal, hogy az irányított robbantás révén (kumulatív hatás) a felszabaduló energiát koncentrálják, tovább növelve ezzel a hatékonyságot. (Erről később még részletesebben is szó lesz.)

A ma alkalmazott legtöbb gyutacs alumíniumhüvelyben kerül forgalomba (a katonai és az ipari gyakorlatban egyaránt), melynek fő oka a durranóhigany két hátrányos tulajdonságában rejlik: egyrészt az ún. túlsajtolás hátrányosan befolyásolja az indítóhatását, másrészt nedves állapotban érzékenysége nagymértékben csökken, azt akár teljesen el is veszítheti. A gyutacsok ipari gyártása viszont így nehezen gépesíthető, illetve a gyutacsnál nem lehet kizárni a nedves környezetben való felhasználást sem. Ezért – főleg az ilyen irányú haditechnikai igények miatt – újabb robbanóanyagokkal kezdtek kísérletezni a durranóhigany kiváltására, és 1893-ban Curtius javaslatára Hill és Lenze kipróbálta az ezüst-, az ólom- és a higanyazidot is. Végül is az ólomazid bizonyult a legalkalmasabbnak, mivel ütésre, hőmérsékletre, túlsajtolásra és nedvessegre érzéketlenebb elődjénél, ráadásul a 2 gramm durranóhigany robbanási erősségének eléréséhez (8-as erősségű gyutacs) sokkal kisebb mennyiség szükséges belőle. Egyetlen negatív tulajdonsága az volt, hogy a rézzel reakcióba lépett, és igen érzékeny rézazid keletkezett, mely annak idején sok balesetet okozott. Az alumíniummal viszont semleges viselkedik, ezért lehet ma leggyakrabban ilyen hüvelyű gyutacsokkal találkozni. (Egyedül a sűjtőlég- és szénporrobbanás-veszélyes bányákban használnak durranóhigany töltetű rézhüvelyes gyutacsokat, mivel itt az alumínium nem megengedett.)

#### 1.6.2.2. Robbantógyutacsok a magyar honvédségnél

Az 1899-es *Vezérfonal* szerint „az ékrazittöltet biztosan csakis az eldurranó robbantógyutacs okozta heves ütéstől sül el (...) A gyújtásnak ezt a nemét durranó-gyújtásnak nevezzük.”<sup>175</sup> A rendszeresített robbantószer a „2 gm.-os robbanó-gyutacs” volt.<sup>176</sup> A robbantótöltetek gyorsabb előkészítésére „a lovas utászszakaszok felszerelésében gyújtásra a 2 gm.-os robbanó-gyutacsokkal ellátott robbanószelence-időzítőgyújtók” voltak rendszeresítve. A rövid időzítőgyújtó 1 m-es, a hosszú pedig 2 m-es időzített gyújtózsínorról volt szerelve („angol szalag-gyúzsineg”).<sup>177</sup> „A rövid időzítőgyújtó égéstartama 100 egész 150 másodperc, a hosszúé 200 egész és 300 másodperc” volt.<sup>178</sup>

Az E-23. *Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára* (1902), valamint az E-39.b. *Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára* (1915) című szolgálati könyvek szintén a fenti robbantószerkeket mutatják be. Az egyedüli változás az 1915-ös szabályzatban az, hogy a rövid „robbantószelence időzítőgyújtó”-nál 1,5–2,5, míg a hosszúnál 3,5–5 perc égésidőt állapít meg.<sup>179</sup>

<sup>174</sup> E-34. (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára*, 2. Füzet – *Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928., 41. pont alapján, 61.

<sup>175</sup> E-34. (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára*, 2. Füzet – *Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 186.

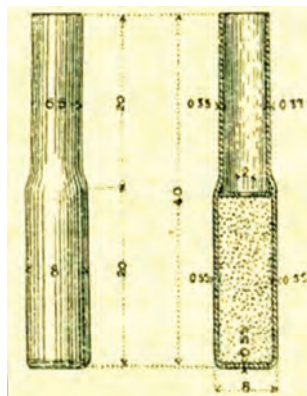
<sup>176</sup> Töltete durranóhigany.

<sup>177</sup> Bickford-féle biztonsági gyújtó (időzített gyújtózsínór).

<sup>178</sup> E-34. (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára*, 2. Füzet – *Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 188.

<sup>179</sup> E-34. (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára*, 2. Füzet – *Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 5.

Az 1929-ben kiadott *E-34. Műszaki oktatás szabályzat* szintén a 2 grammos, durranóhiganyos (vörösréz hüvelyes) robbantógyutacsot jelöli meg mint katonai rendszeresített robbantószer. Különlegességük volt, hogy a kereskedelmi forgalomban kapható gyutacsoktól eltérően a gyutacshüvelybe egy „átlyukasztott zárólemez” került, az iniciáló robbanóanyag kiszóródását megakadályozandó.



17. ábra

2 grammos robbantógyutacs<sup>180</sup>

A 41. pontban bemutatja a kereskedelemben előforduló teljes gyutacssorozatot (1–10) is,<sup>181</sup> figyelmeztetve a „zárólemez” hiányára, ezáltal „fokozott elővigyázatosságra” intve a velük történő munkavégzésnél. Érdekesség, hogy a 42. pontban egy egyszerű tesztet is bemutat a gyutacs „hevességének és használhatóságának” ellenőrzésére. Egy 8 mm-es ólomlemezre állított gyutacsnak át kell azt ütnie úgy, hogy „azon a világosság átszűrődjék” és a gyutacshüvelyből keletkező repeszek „okozta nyomok lehetőleg sugár irányúak, sűrűek és egyenletesek legyenek”. Megjelenik a szabályzatban az alumíniumhüvelyes „ólomacid gyutacs” is, mely kezelésbiztosabb a „durranóhigany gyutacsnál”, a nedvességgel és az ütéssel szemben is érzéketlenebb.<sup>182</sup>

A gyutacsot „kettős angol gyújtózsínórral – Bickford zsinór” indítja, vagy pedig mechanikus gyújtást alkalmazva, a „13-as mint. gyújtókészülék”-kel<sup>183</sup> vagy a „04-es mint. gyújtókészülék”-kel<sup>184</sup>. Ezek a gyújtók – a mai MUV-gyújtóhoz hasonló módon – egy rugó ellenében megfeszített ütőszeg felszabadítása után (zárószeg kihúzása) az aljukon lévő gyújtóhüvelyben lévő „gyúelegy”-et robbantották fel, mely iniciálta a vele összeszerelt robbantógyutacsot.

A 88.533/eln. 7/m.-1942 *körrendelet* (1942. VI. 27.) rendszeresíti a 42. M. utászgyutacsot, mely „az eddig gyártottaktól abban különbözik, hogy a gyutacs fenekén bemélyedés van”.<sup>185</sup>

Az 1950-es *Robbantási segédlet* háromféle katonai, 8. számú gyutacsot mutat be:

- 8. sz. Azidotenes (0,15 g TNRSZ,<sup>186</sup> 0,2 g ólomazid, 1,0 g ten<sup>187</sup>) alumíniumhüvelyben;
- 8. sz. Azidotetrites (0,15 g TNRSZ, 0,2 g ólomazid, 1,0 g tetritil) alumíniumhüvelyben;
- 8. sz. Durranóhigany tetrites (0,5 g durranóhigany, 1,0 g tetritil) rézhüvelyben.<sup>188</sup>

Mindegyik gyutacs belsejében a robbanóanyag-töltetet fémcsészével borították, amelyben selyemszítával elzárt nyílás volt. A gyutacs hatásfokának növelése céljából a fémhüvely fenekén bemélyedést alakítottak ki. A gyutacsot indíthatták időzített gyújtózsínórral, de a *Segédlet* tárgyalja a mechanikus gyújtást is. Ebben az esetben egy- vagy kétszarvas robbantógyutacsot alkalmaz, MUV-gyújtókészülékkel<sup>189</sup> szerelve.

<sup>180</sup> *E-34. (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 39. pont. 9. ábra alapján, 60.

<sup>181</sup> Lásd az 5. táblázatot!

<sup>182</sup> *E-34. (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 43. pont, 44.

<sup>183</sup> Ez a típus víz alatt is alkalmazható volt!

<sup>184</sup> *E-34. (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 61–64. pontok, 78–81.

<sup>185</sup> *Honvédelmi Közlöny*, 29. szám, 1942, 323.

<sup>186</sup> Tricinát.

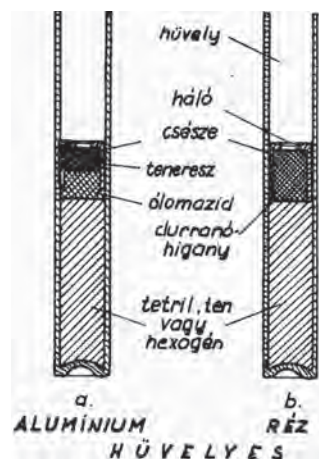
<sup>187</sup> Nitropenta, PETN.

<sup>188</sup> *Robbantási segédlet.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 2. táblázat alapján, 15.

<sup>189</sup> A *Segédlet* még csak elsütő készüléknek hívja a rajz alapján (11. ábra, 32.) pontosan felismerhető MUV-gyújtót, melyet a Szovjetunióban az 1935-ben rendszeresített TM-35 harcokocsiakra gyújtójaként már alkalmaztak.

A szintén 1950-ben kiadott *E-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás* már csak kétféle 8-as számú gyutacsot mutat be, a *Segédletben* „Azidotetriles” és „Durranóhigany tetriles” névvel jelöltek. Indításukat időzített gyújtózsínrel végzi, a mechanikus gyújtást mint gyújtási módot megemlíti, de a 102. pontban mindjárt rögzíti is, hogy ezek „eszközeit külön utasítások és segédletek tartalmazzák”.<sup>190</sup>

A *Mű/2. Robbantási utasítás* (1965) és a *Mű/213. Robbantási utasítás* (1971) szinte egyformán tárgyalja az utászgyutacsokat. Alapvetően az alumíniumhüvelyes TAT-8-at mutatja be. A *Mű/2.* szerint 0,1 g TNRSZ, 0,2 g ólomazid és 1,02 g tetril alkotta a töltetét, de mindkét utasítás azt írja a szöveges részben, hogy a főtöltete (szekunder töltet) egyaránt lehet ten, tetril vagy hexogén.<sup>191</sup> Ugyancsak egyformán írnak rézhüvelyes utászgyutacsról is, mely a *Mű/2.* szerint 8-M számmal volt jelezve, és 0,5 g durranóhiganyt tartalmazott az 1,02 g tetril főtöltet mellett.



18. ábra

TAT-8 utászgyutacs<sup>192</sup>

Megjegyzendő, hogy katonai pályafutásom során a rézhüvelyes utászgyutaccsal nem találkoztam. A másik érdekesség: katonai, hosszú felhasználási idejű gyutacsoként a TAT-8 igazából 10-es erősségű gyutacs volt. Ezzel érték el a gyártók, hogy az ipari gyutacsok sokkal rövidebb idejű felhasználhatóságával szemben ez a gyutacs több mint egy évtized elteltével is garantáltan képes legyen biztosítani a 8-as erősségű gyutacs robbanásakor leadandó energiamennyiséget. A gyutacs kialakítása egyébként megegyezett a *Segédlet*nél bemutatottal, vagyis a töltetet fémcsőbe és selyemszita védte, a gyutacs alján pedig hatásmenővelő kúpot alakítottak ki.

A *Mű/213. Utasítás* a 3. számú mellékletében, a „népgazdaságban használt robbantószerkezetek” között bemutatja az RG-6 és RG-8<sup>193</sup> jelzésű robbantógyutacsokat.

A 36/1986. (HK. 23.) MN MÜF intézkedés, a *Mű/213. Utasítás* 3. számú kiegészítéseként rendszeresítette a ZTP szerelt gyutacsot. A gyutacsot három időzítési fokozattal (ZTP-50, 150 és 300) gyártották, ahol a számok a gyújtózsín égési idejét jelölték normál körülmények között, másodpercekben. Alkalmask voltak víz alatti robbantásra is, ekkor az égési idő 40, 100 és 300 másodpercre csökkent. Mechanikus (csappantyús) és dörzsgyújtóval készültek. A dörzsgyújtós változat volt a legelterjedtebb, a ZTP-50 és 150 általában ilyen indítású volt. A mechanikus gyújtó a MUV-gyújtó elvén működött, 5 m vízmélységig volt alkalmazható.

Tekintve, hogy a rendszerváltást követően a TAT-8 garanciaidejének lejártával újabb tétel beszerzésére nem került sor, a műszakiaknak 1999-ben meg kellett válniuk ettől az egyébként nagyon biztonságos és jól működő gyutacstól. A beszerzések eredményeként az ipari robbantástechnikában már régóta használt RG-8 robbantógyutacsot rendszeresítették RG utászgyutacs néven a Magyar Honvédségnél.<sup>194</sup> A gyutacsot a 37/2000. (HK 8.) SZVK MÜV rendelkezéssel vezették be, melyet a *Mű/213.* 4. számú kiegészítéseként adtak ki. A melléklet szerint a legjellemzőbb eltérések a TAT-8 és az RG utászgyutacs között:

- a hüvely talprészén nem található kumulatív bemélyedés;
- a préselt robbanóanyag felett nincs lezáró selyemszita;
- a gyutacshüvely keményebb (Al-Mn ötvözet), ezáltal nagyobb erővel rögzíthető a gyújtózsínre;
- a robbanóanyag-töltet összetevői más anyagok (főtöltet: 0,7 g nitropenta, indítótöltet: 0,2 g ólomazid/ólomszifnát 80/20% arányban).

<sup>190</sup> *E-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 118.

<sup>191</sup> A *Mű/213.* már nem részletezi a robbanóanyagok mennyiségét.

<sup>192</sup> *Mű/213.*, 12. ábra alapján, 32.

<sup>193</sup> 6-os és 8-as erősségű robbantógyutacs (ipari).

<sup>194</sup> A 210/2000. (HK 15.) SZVK MÜF rendelkezéssel.

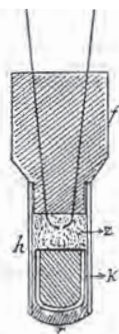
Még egy fontos adat: jóállása eredeti, légmentes csomagolásban a gyártástól számított két év! Szavatosság a gyártástól számított öt év, majd ötévenként végzett bevizsgálásokkal újabb  $3 \times 5$  év.

### 1.6.3. Villamos gyutacsok

#### 1.6.3.1. A villamos gyutacsok kialakulása

A töltetek villamos energia alkalmazásával való felrobbantása meglepően hosszú múltra tekint vissza. Arday szerint 1802–1805 között, Josefstadtnban a „műszaki csapatok akna-osztályai” nagyszabású robbantási gyakorlatok során „használták leelőször a dörzsölő elektromosság által előidézhető akna gyújtást, illetve robbantást. 1804-ben Chastel báró őrnagy Konovitz-ban (Ausztria) számos aknát dörzsölő elektromosság által gyújtott fel és pedig oly módon, hogy a vezető drótokat a folyón át vezetve fektették le.”<sup>195</sup> Ugyancsak ez a forrás említi, hogy „a bányászatban az elektromos gyújtást csak 1823-tól kezdve alkalmazták a robbantási munkálatoknál, 1831-ben pedig a Bickford-féle biztonsági gyújtószinórt”. 1855-ben Ebner báró cs. kir. alezredes „dörzsölő elektromos tábori gyújtókészülék” készített katonai célra. 1853-ban Verdu spanyol műszaki ezredes használt először indukciós gyújtógépet (Rhumkorff-féle induktort) aknák<sup>196</sup> gyújtására.<sup>197</sup>

A villamos gyújtás fejlődésének újabb lökést adott, hogy a robbantástechnika növekvő ipari és katonai alkalmazása következtében a XIX. század végére már nem volt elégséges az egyes töltetek vagy néhány töltet egyszerre történő (egyidejű) felrobbantása. Szorító szükségsszerűséggé vált, hogy akár tíz vagy több töltetet is nagy biztonsággal fel lehessen robbantani „egy tűzben”. A megoldás elvben nagyon egyszerű volt: a már meglévő gyutacsok első tagja (primer töltete) lángérzékeny robbanóanyag; mi lenne, ha ezt a „lángot” nem a feketelőporos gyújtószinórral, hanem például elektromos szikrával idéznénk elő? A gondolatot tett követte, és megszülettek az első ún. *szikragyújtós villamos gyutacsok*, melyeknél az elektromos áramot rézdróton vezették be az áramforrásból a gyutacshüvelybe úgy, hogy a drótot a robbanóanyag fölött megszakították. Az áram hatására a drótszál két pólusa között szikra képződött, mely kiváltotta a robbantást (ezeket a gyutacsokat hívták még megszakított vagy térközös gyújtóknak is).



VILLAMOS SZIKRAGYÚJTÓ

(Schaffer: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve – 1903)

a gyújtószál sárga- vagy vörösréz; a pólusok egymástól való távolsága 0,5 - 1,0 mm; f - gyújtó fej; z - gyújtóanyag; h - védő hüvely (papír vagy fém); k - durranó kénesezős kupak; r - kén vagy gyanta, ragasztóként

19. ábra

Villamos szikragyújtó<sup>198</sup>

A fejlődés újabb állomása az *izzószál* gyutacsok kifejlesztése volt (régiben izzódrótygyújtó). Itt a gyutacsba bevezetett két elektromos vezeték a primer robbanóanyag fölött egy vékony izzószállal kötötték össze, melyet pirotechnikai eleggyel (ún. gyúelegy) vettek körül. Áram hatására ez a szál (tulajdonképpen ellenállásként viselkedve) felizzott, meggyújtva a pirotechnikai elegyet, mely előidézte a lángérzékeny primer töltet

<sup>195</sup> Arday Géza m. kir. honvédszázasos: *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése*. Szent Erzsébet Nyomda Részvénytársaság, Kassa, 1910, 415.

<sup>196</sup> Föld alatti aknáknban elhelyezett töltetek értendők alatta.

<sup>197</sup> Arday Géza m. kir. honvédszázasos: *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése*. Szent Erzsébet Nyomda Részvénytársaság, Kassa, 1910, 416.

<sup>198</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 31. ábra, 87.

robbanását. A mai villamos gyutacsok is ezen az elven működnek, eltérés csak az izzószál anyagában van, mely révén viszont a gyutacs technikai paraméterei alakíthatók az igények szerint.



#### ROBERTS-FÉLE IZZÓDRÓT-GYÚJTÓ

(Schaffer: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve – 1903)

8 cm hosszú, 2 cm átmérőjű, puskaporral megtöltött és két végén parafadugóval lezárt cinn-cső (R); a két rézvezeték egymástól 1 cm-re, vékony vasdróttal lett összekötve (D)

20. ábra

*Roberts-féle izzódrótyújtó*<sup>199</sup>

#### 1.6.3.2. A késleltetett hatású, valamint az eltérő impulzusérzékenységű villamos gyutacsok

A II. világháború befejezése utáni gazdasági fellendülés során került előtérbe az ipari robbantástechnikában a töltetek késleltetésének lehetősége. Azt tapasztalták ugyanis, hogy ha például egy külszíni bányában nem egy tűzben robbantották fel a tölteteket, hanem egymáshoz viszonyítva bizonyos időeltolással, akkor csökkent a felhasználandó robbanóanyag mennyisége, javult a közet aprítása és csökkentek a káros környezeti hatások is (rezgés, repesz, léglökés stb.). Hasonló előnyös tulajdonságokat tapasztaltak az épületek robbantás bontása során is. Így tehát fellendült a késleltetett hatású villamos gyutacsok fejlesztése és gyártása.

A késleltetést egy pirotechnikai késleltető elegy beépítésével valósítják meg a gyújtófej és a primer robbanóanyag-töltet közé. Ennek a késleltető elegynek a tulajdonságaitól függően lehet rövid és hosszú késleltetésű gyutacsokat kialakítani. A rövid késleltetésű gyutacsoknál a gyutacsorozat tagjai között néhány vagy néhány tíz, a hosszú késleltetésűeknél pedig néhány száz milliszekundum (ms) a késleltetési idő. Az ún. pillanathatású villamos gyutacsok esetén – azokat egy tűzben robbantva – is van bizonyos szórás, mely azonban nem haladhatja meg az elektromos energia közlésétől számított 18 ms-ot.

A villamos gyutacsok elektromos impulzus hatására robbannak fel. A hagyományos, ún. normál érzékenységű vagy „nl” gyutacsok esetén ez azt jelenti, hogy 0,8 mJ/ohm impulzusra nem, 3,2 mJ/ohmra viszont fel kell robbanniuk. Ez az érték tökéletesen megfelel például egy olyan külszíni bányában, ahol közel és távol semmilyen elektromos hatás (magasfeszültségű távvezeték, nagy teljesítményű adóállomás, villamos erőmű stb.) nincs. Robbantani viszont nem csak ilyen környezetben kell, sőt az urbanizáció terjedésével egyre kevesebb esetben biztosítottak a villamos robbantás számára az ilyen szempontból kedvező feltételek. Ezért fejlesztették ki az érzéketlen, „én” villamos gyutacsokat, melyek indításához legalább 16 mJ/ohm elektromos energia szükséges.<sup>200</sup> Egyedüli hátrányuk, hogy a hagyományos robbantógépek energiája egy ilyen hálózat számára már nem elégséges, vagyis az ilyen gyutacsokkal végzendő munkához megfelelő teljesítményű „villamos erőforrás” beszerzése is szükséges.

<sup>199</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 37. ábra, 89.

<sup>200</sup> A 13/2010. (III. 4.) KHEM rendelet az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatról. I. fejezet. Értelmező rendelkezések, 2. §. 63. pont szerint: *villamos-érzéketlen gyutacs* az a villamos gyutacs, amely 5 percig tartó 450 mA erősségű egyenáram hatására nem robban fel.

### 1.6.3.3. A villamos gyújtás területén tapasztalható legújabb eredmények

A környezetvédelem egyre szigorúbb feltételeinek, illetve egyes nagy pontosságú robbantási munkák igényeinek már nem mindig felelnek meg a hagyományos, késleltetett villamos gyutacsok, az egy késleltetési fokozaton belül tapasztalható esetenkénti és viszonylagosan nagy szórás miatt (ennek oka a késleltető pirotechnikai keverék, mely vegyi anyagként reagál bizonyos külső hatásokra, illetve az idő múlásával a vegyi bomlás révén változnak tulajdonságai). Ennek kiküszöbölésére már léteznek ún. *elektronikus gyutacsok*, melyeknél a késleltetést egy kis elektronikus alkatrész végzi el nagyon nagy pontossággal (az eltérés legfeljebb 1 ms). Széles körű elterjedésük egyedüli gátja nagyon magas áruk.

Ugyancsak a fenti probléma megoldására konstruálták meg a *külső késleltetésű robbantógépeket*, melyeknél a pillanathatású gyutacsokból kialakított hálózat egyes ágait maga a gép indítja különböző késleltetéssel, a beállított programnak megfelelően. A késleltetési fokozatokat 1 ms-onként lehet változtatni. Problémát itt egyedül az jelent, hogy a leágazások száma korlátozott, egy mai nagy, környezetkímélő robbantásnál viszont esetenként több száz késleltetési fokozatra lehet szükség.

A harmadik nagy változást a *feltétlen biztonságra törekvés eredményezte*. Mint fentebb említettük, a gyutacs legveszélyesebb része még mindig a primer robbanóanyag, amely viszont a lángérzékenysége miatt kihagyhatatlannal tűnt eddig. Nos, a Nitro Nobel cég előállított olyan 8-as erősségű villamos gyutacsot (az ún. NPED gyutacs),<sup>201</sup> melyben nincs primer robbanóanyag!<sup>202</sup> Az eredmény a hagyományos gyutaccsal összehasonlítva fantasztikus: a dominó ötös alakjában elrendezve öt hagyományos gyutacsot, majd a középsőt felrobbantva a négy szélső gyutacs is felrobbant 10 cm távolságban. Az új gyutacsnál – hasonló elrendezésben – 2 cm távolságról sem indultak el a szélső gyutacsok. Az ütésérzékenység vizsgálata is hasonló eredményt hozott: az átmérőjének mintegy felére összenyomódott új gyutacs nem robbant fel, szemben a hasonló kísérletnek kitett hagyományos gyutaccsal.

Az ipari robbantástechnikában a robbantások környezetkímélő végrehajthatósága mellett a kivitelezés során a feltétlen biztonságra való törekvés került a legújabb fejlesztések előterébe. Ennek egyik kiemelkedő állomása az *elektronikusan programozható villamos gyutacsok* megjelenése volt. Ennek szükségességét dr. Földesi János az alábbiakban fogalmazta meg egyik cikkében:<sup>203</sup>

„A villamos és NONEL gyutacsoknál az időzítéseket különböző összetételű pirotechnikai anyagokkal oldották meg. Ezeknek a gyutacsoknak a legnagyobb hátrányai az alábbiak:

- a pirotechnikai késleltető elemekkel szerelt gyutacsoknál a névleges időzítési időben mindig van valamilyen nagyságú szórás;
- a gyutacsok fokozatszám (különösen a hosszú késleltetésű gyutacsoknál) korlátozott;
- a gyutacsok időzítési ideje nem minden körülmények között optimális;
- a hagyományos villamos gyutacsok használatát esetenként korlátozzák az időjárás viszonyok, a nagyfeszültségű villamos távvezetékek és a kóbor áramok;
- a NONEL iniciálási rendszerek legnagyobb hátránya pedig az, hogy a kialakított robbantóhálózatot műszerrel nem lehet ellenőrizni.”

Az elektromosan programozható gyutacsok (elektronikus gyutacsok) közül az amerikai AUSTIN POWDER Co. iniciálási rendszerének alapeleme, az E\*-Star gyutacs az Európai Unióban 2009 januárjától használható. (A gyutacs felépítése a 21. ábrán látható, műszaki jellemzőit az 5. mellékletben, táblázatban adjuk meg.)

Minden gyutacsba beépítettek egy kondenzátort és egy memóriával rendelkező mikroprocesszort, melyhez csatlakozik egy indító töltet (21. ábra). Ez a gyutacs primer töltetét iniciálja. A gyutacs mikroprocesszora feldolgozza az összes parancsot, melyet a loggertől (adatgyűjtő és programozó egység) vagy a digitális robbantógéptől kap. Amikor a robbantógép kezelője elindítja a robbantásra, a mikroprocesszor parancsot ad a kondenzátornak, hogy a tárolt energiát egy előre meghatározott, a logger-rel beprogramozott időpontban szabadítsa fel.

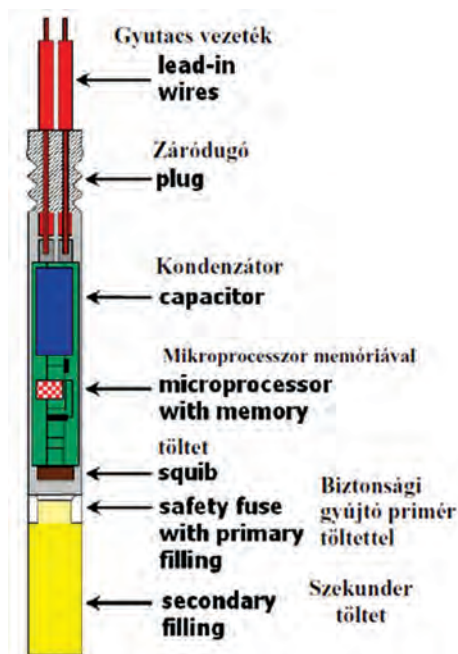
Az E\*-Star elektronikus gyutacsok egyik fontos jellemzője, hogy hagyományos robbantógépekkel, más gyártók elektronikus robbantógépeivel, valamint hálózati áramokkal nem robbanthatók fel.

<sup>201</sup> Non Primary Explosive Detonator: primer robbanóanyagot nem tartalmazó gyutacs.

<sup>202</sup> A gyújtási lánc első, ún. lángérzékeny robbanóanyagaként is a magas hatóerejű, brizáns (szekunder) robbanóanyagot, a nitropentán alkalmazzák, a mechanikai hatásokra nagyon érzékeny, korábbi primer (iniciálós) robbanóanyag helyett.

<sup>203</sup> Dr. Földesi János: Az Austin Powder Co. E\*-star elektronikusan programozható villamos gyutacsának előnyei a gyakorlatban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2010/1–4. összevont szám, 197–215. (A 21–25. ábrák a cikkből származnak.)





21. ábra

Az E\*-Star gyutacs sematikus keresztmetszete

Az E\*-Star gyutacs működtetéséhez szükséges eszközök:

- *LM-1 jelű gyutacsvizsgáló műszer*, mellyel a töltés előtt és után (a fojtás elhelyezése előtt és után) ellenőrizhetjük, hogy az elektronikus gyutacs szigetelési szilárdsága megfelelő-e. Amennyiben a gyutacsvezetékben folyó áram erőssége 0,08 és 0,09 mA között változik, a gyutacsot be lehet kötni a robbantóhálózatba.
- *ESC-1 jelű konnektor és az azzal összekapcsolandó ESCA-1 jelű adapter*.
- *DLG 1600-100 logger (adatgyűjtő és tároló)*: arra szolgál, hogy az elektronikus gyutacsok időzíteni idejét beállítsuk és a digitális robbantógépbe töltsük. A gyutacsok programozásához szintén szükséges az ESCA-1 jelű adapter, amely a programozandó gyutacsvezeték végén lévő ESC-1 konnektorhoz csatlakozik. Ahhoz, hogy a programozást megkezdhessük, egy négyjegyű biztonsági kódot kell megadnunk. Ezt követően – egy önteszt után – elvégezhető a gyutacsok időzíteni idejének beállítása (a gyárban minden gyutacs időzíteni idejét 712 ms-ra állítják be). A programozás gyutacsoként vagy egy számítógépes program adatainak alapján lehetséges. A programozás során meg kell adnunk a gyutacs számát 1-től 1600-ig, a részáramkörök számát 1-től 16-ig (egy részáramkörbe köthető gyutacsok száma maximum 100 lehet!) és a gyutacsokhoz tartozó időzíteni időt. Az időzíteni idő gyutacsoként 1 és 10 000 ms között választható 1 ms-os időközökkel. A DLG 1600-100 loggerrel egy robbantóhálózatban – párhuzamos kapcsolással – maximum 16 × 100 gyutacs, összesen 1600 gyutacs programozható be. A logger arra is alkalmas, hogy ellenőrizzük a kialakított robbantóhálózat szigetelési szilárdságát. A műszerről leolvasható, hogy az összekötő vezeték vagy a gyutacsvezeték szigetelése sérült-e. A sérült gyutacs számát a logger automatikusan kiírja. A programozott gyutacsok és a robbantóhálózat adatait a DLG 1600-100 logger-ből egy összekötő kábel segítségével a DBM-1600-2-K digitális robbantógépbe tölthetjük.
- *DBM-1600-2-K digitális robbantógép*: a bekapcsolás után a robbantógép kéri a biztonsági kódot. A logger és robbantógép összekötése után elvégezhető a logger adatainak robbantógépbe töltése. Az adatok betöltése után a robbantógép főmenüjében az alábbi funkciók jelennek meg:
  - A robbantóhálózatba kötött gyutacsok száma.
  - 1: Gyutacsok ellenőrzése.
  - 2: Robbantás.
  - 3: Késleltetés megváltoztatása.
  - 4: Vissza.

Az [1] lenyomása esetén a gép elvégzi az öntesztet. A belső teszt elvégzése után automatikusan megkezdődik a gyutacsok ellenőrzése. Abban az esetben, ha a gyutacs ellenőrzése során a robbantógép valamelyik gyutacsnál hibát észlel, akkor a képernyőn megjelenik a gyutacs gyártási szá-

ma, a robbantóhálózatban lévő ág száma és az ágban lévő gyutacs száma. A jelzett hibás gyutacs törölhető a hálózatból; vagy abban az esetben, ha a gyutacs bekötését meg lehet javítani, akkor folytatható a gyutacsok ellenőrzése. Hibamentes hálózat esetén a képernyőn az alábbi felírások jelennek meg:

- Robbantóhálózatban lévő gyutacsok száma.
- Ellenőrzött gyutacsok száma.

A DBM-1600-2-K robbantógép jelzi azt is, ha a robbantóhálózat ellenőrzését nem végeztük el. Ekkor a képernyőn az alábbi felirat jelenik meg: A robbantás előtt a gyutacsokat le kell ellenőrizni!

A gyutacsok ellenőrzése után az „ARM” jelű gomb lenyomásával a robbantógép jelzi, hogy mennyi időre van szüksége ahhoz, hogy a gyutacsok kondenzátorát feltöltse. A gyutacsok feltöltését zöld LED lámpa jelzi. A zöld LED folyamatos világítása után az „ARM” és „FIRE” együttes lenyomásával a robbantás elvégezhető. Lehetőségünk van arra is, hogy a gyutacsok kondenzátorának feltöltését a robbantógépen lévő „ABORT” feliratú gombbal megszakítsuk.



22. ábra

*LM-1 jelű gyutacsvizsgáló műszer*



23. ábra

*Az ESC-1 jelű konnektor és az ESCA-1 jelű adapter*



24. ábra

*DLG 1600-100 logger*



25. ábra

*DBM-1600-2-K digitális robbantógép*

Egyértelmű, hogy az elektronikus gyutacsokból kialakított robbantóhálózat ellenőrzése a töltés előtti gyutacsellenőrzéstől kezdve a robbantóhálózat kialakításáig és a robbantás utolsó pillanatáig biztosított. Ez a tény nagymértékben fokozza a robbantások biztonságát.

#### 1.6.3.4. A magyar honvédségnél rendszeresített villamos gyutacsok

A fentiek alapján meglepő, hogy a magyar honvédségnél csak az 1928-ban megjelent *E-34. Műszaki oktatásban* találkozunk először a villamos gyújtással. Igaz viszont, hogy ekkor már egy 2,4 ohm ellenállású, platina-irídium izzószálas izzógyújtó volt rendszeresítve, egybekötve egy szabvány 2 grammos robbantógyutaccsal. A működése kissé nehézkesnek tűnik, hiszen az izzószál által begyulladt gyúelegy gázai egy hüvelyt hoztak mozgásba, mely biztosította az áramkör zárását „az áramkörbe kapcsolt többi izzógyújtókhoz”, és a gázok csak ezután ütötték át a gyutacsot elzáró keménypapír lemezt, kiváltva a tényleges robbanást.<sup>204</sup>

A gyújtóhálózat készítésénél csak a soros hálózatot tárgyalja, számpéldákkal segítve a jobb megértést. A villamos gyújtóvezeték ellenállásának ismeretében az egyszerre robbantható izzógyújtók számát egy grafikon segítségével is meg lehetett határozni.<sup>205</sup> A „Teljes tábori izzógyújtókészülék”-ként rendszeresített készletben 1 Schaffler típusú „16-os mint. hordozható izzógyújtógép”, 80 izzógyújtó, 600 méter „vörösérz kábelvezeték”,<sup>206</sup> 200 méter egyeres vörösérz kábel, 1 vezetékvizsgáló és 1 „legombolyító készülék” volt. Az izzógyújtógép 76 ohm ellenállásig volt használható.

A 89.082/eln. 7/m.-1942 körrendelet rendszeresítette a „42 M. elektromos gyutacsot a 35 M. izzógyújtó és a 42 M. elektromos szerelt gyutacsot a 35 M. szerelt izzógyújtó helyett (...) A 42 M. elektromos gyutacs fejrészén a 4 gyűrűs benyomásával különbözik a 35 M. izzógyújtótól.”<sup>207</sup>

A *Robbantási segédlet* (1950) szerint „a villamos gyutacs villamos izzógyújtóval egybeszerelt gyutacsból áll”.<sup>208</sup> A *Segédlet* szerint készülhetett gyárilag, de ennek hiányában a csapatok is elkészíthették robbantógyutacsból és a rendszeresített izzógyújtóból. Az izzógyújtó rézhüvelyes volt, benne platina-irídium izzószállal. A rendszeresített pillanathatású villamos gyutacs ellenállása 1,0–1,5 ohm volt. A nagy szórás miatt az azonos robbantóhálózatba szerelt gyutacsokat kalibrálni kellett. Soros hálózatban 0,1 ohm ellenállás-eltérés volt megengedett a gyutacsok között. Egyedülálló vagy párhuzamosan kapcsolt gyutacsoknál csak a vezetőképesség ellenőrzését írta elő a *Segédlet*.

Ezenkívül megemlíti még a „késleltető hatású villamos gyutacsokat” is mint szintén használt robbantószerkezetet, 2, 4, 6, 8 és 10 másodperces késleltetéssel.<sup>209</sup> A hálózat szerelését kétféle egyeres és egy kéteres kábel biztosította. Áramforrásként a nagy és a kis izzógyújtógépet mutatja be. Előbbi 290 ohm, utóbbi 80 ohm összellenállású hálózatot volt képes felrobbantani. Tárgyalja a soros, párhuzamos és vegyes villamos gyújtóhálózatot azzal a kitételrel, hogy „a műszaki csapatok felszerelésében lévő villamos izzógyújtógépek csak soros kapcsolású villamos gyutacsok gyújtására alkalmasak”.<sup>210</sup>

Az *E-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás* (1950) alapvetően a *Segédlet*ben leírtakat ismétli az alábbi eltérésekkel: nem tesz már említést késleltetett villamos gyutacsokról, viszont bemutatja a platina-irídium izzószálas katonai gyutacs mellett a konstantin izzószálas ipari gyutacsot is. A gyutacsok hálózatba szerelés előtti kalibrálási követelményéről nem ír. A korábbi kettő mellett megjelenik a 150 ohm külső ellenállású közepes izzógyújtógép. A hálózatok számítását táblázatok, mintapéldák, grafikonok segítik.

A *Mű/2. Robbantási utasítás* (1965) az SVG és az SVG-840 típusú, valamint a „korábban gyártott (még forgalomban lévő)”, szintén platina-irídium izzószálas gyutacsokat, továbbá a rézhüvelyes izzógyújtót mutatja be. Ez utóbbit „a csapatoknál kiképzés (oktatás) céljából” hagyták meg.<sup>211</sup> Újból előírja a kalibrálást, és bevezeti az azóta is rendszeresített 1-RV-58 egyeres és 2-RV-58 kéteres utáskábelt. Megjelennek a KPM-1, a KPM-2 és az RK-1 kondenzátoros izzógyújtógépek, valamint a PM-1 nagy izzógyújtógép és a kis izzógyújtógép. A gyújtóhálózatok számítását tulajdonképpen a ma is alkalmazott módon tárgyalja.

<sup>204</sup> *E-34. (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 53–54. pontok, 72–74.

<sup>205</sup> *Uo.*, 58. ábra, 115.

<sup>206</sup> Kéteres kábel.

<sup>207</sup> *Honvédségi Közlöny*, 1942. 39. szám, 412.

<sup>208</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 46.

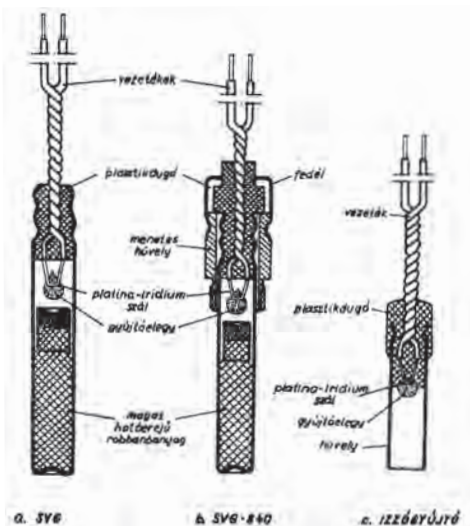
<sup>209</sup> Érdekes megjegyezni, hogy a *Segédlet* később egyetlen helyen utal a késleltetett gyutacsok alkalmazására, mikor fagyott talajban történő árok robbantásakor a lazító fűrt lyukak tölteteihez képest 2 másodperc késleltetéssel rendeli a főtöltetek robbantását (164. oldal).

<sup>210</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 69.

<sup>211</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965, 54.

A 3. mellékletben bemutatja a „Népgazdaságban használt pillanatnyi és időzített villamosgyutacsok”-at azzal a megjegyzéssel, hogy a késleltetett gyutacsokat főleg „talajok kidobásos robbantásakor, sziklás kőzetek fejtésekor” alkalmazzák.<sup>212</sup>

A *Mű/213. Robbantási utasítás* (1971) főbb vonalaiban a *Mű/2.* szerint tárgyalja a villamos gyújtást. A villamos gyutacsok közül megmaradt a menet nélküli SVG és az M11\*1-es menetes hüvellyel szerelt SVG–840. Az SVG típusú gyutacsokat kalibrálni már nem szükséges, csak a vezetőképességüket kell ellenőrizni. Megmaradt a korábbi rézhüvelyes izzógyújtó is, de továbbra is csak kiképzési célra. 1976-ban adták ki az a kiegészítést az *Utasításhoz*, mellyel az SVG/M10 villamos gyutacsot vezetik be. Ugyanakkor beszerették és több éven keresztül alkalmazták is a szovjet EDP–r villamos gyutacsot, melyet az SVG-vel azonos feltételekkel lehetett felhasználni. Az *Utasítás* a 3. mellékletében a „népgazdaságban használt robbantószerek” között bemutatja az EBG és a VBG típusú villamos gyutacsokat.



26. ábra

Katonai villamos gyutacsok és izzógyújtó<sup>213</sup>

A megmaradó KPM–1, RK–1 és a kis robbantógép mellett megjelenik a TR–100–SB tranzisztoros izzógyújtógép, majd az 1973-as kiegészítéssel bevezetik az RKA gyújtógépet.

Az SVG gyutacsok garanciaidejének lejártával, tekintve, hogy korábbi hazai gyártója megszűnt, az 569/97/2003/TH. (HK 26.) HM határozattal rendszeresítették a BRW/(F) típusú villamos gyutacsot a Magyar Honvédségnél. A Schaffler-licenz alapján, a tatabányai Rotech Rt.<sup>214</sup> által gyártott BRW villamosgyutacs-család három tagja közül az F jelölésű villamosérzékenlen (én) típus került beszerzésre.<sup>215</sup> A gyutacs alaptöltete (szekunder töltet) 0,7 g nitropenta, míg az iniciáló primer töltet 0,2 g tömegű ólomazid és ólomstifnát 80/20%-os arányú elegye. Ha hasonlóságot vélünk felfedezni az RG utásgyutacs töltetével, az nem a véletlen műve, hiszen ugyanarról az alapgyutacsról van szó, melyet 80/20%-os arányú krómnikkel izzószálas izzógyújtóval szereltek. Talán visszalépésként értékelhetjük azt a tényt, hogy a vízálló SVG–840 típusú gyutaccsal szemben a BRW/(F) vízállósága 2 bar víznyomásnál mindössze 3 óra!

Új robbantógépet fejlesztett ki a Magyar Honvédség az ezredfordulóra, TER–6 többcsatornás elektromos robbantógép néven. Alapvetően a kis- és közepes tömegű, irányított hatású repesztöltetek elműködtetésére szolgál, de alkalmazható a kisméretű kumulatív töltetek indítására, illetve – a teljesítményadatainak határain belül – alkalmas bármilyen, villamos gyutacsokból vagy izzógyújtókból és elektromos vezetékekből álló robbantó-, imitációs, jelző- stb. hálózat működtetésére.

A robbantógép 6, egymástól független robbantócsatornával rendelkezik, amelyek alkalmasak a hozzájuk csatlakoztatott villamos hálózatok folytonosságának ellenőrzésére és azok egyenkénti vagy tetszőleges kombinációjú elműködtetésére. A félvezetős-kondenzátoros robbantógép a villamos gyutacsok, izzógyújtók elműködtetéséhez szükséges elektromos energiát a robbantás kiváltásáig akkumulátorban, illetve a feltöltött kondenzátorokban tárolja.

<sup>212</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965, 395.

<sup>213</sup> *Mű/213. Robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971, 26. ábra alapján, 45.

<sup>214</sup> Azóta ezt a gyártó üzemet is bezárták.

<sup>215</sup> Létezett még az „A” jelölésű, normál érzékenyséű és a „P” jelölésű, fokozottan villamosérzékenlen.

### 1.6.3.5. A hazai gyártású ipari villamos gyutacsok

1921-ben hozták létre Budapesten a Vadásztöltény-Gyutacs és Fémárugyár Rt.-t. Ezenkívül Mosonmagyaróváron (a régi Hirtembergi 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 Villanyosgyűjtőgyár Rt. volt. A vállalatot a Vadásztölténygyár és az osztrák Schaffler & Co., Wien jegyezte. A vegyesvállalati szerződés értelmében közösen birtokolják a szabadalmakat és a gyár helyszínül 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 említettekén kívül a többi szabadság, 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>216</sup>

Több évtizedes sikeres működést követően – 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 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 felvásárolta az osztrák Schaffler cég, majd amikor az anyag is beolvadt az amerikai AUSTIN-ba, végleg bezárt az üzem. (A korábban hazánkban gyártott ipari villamos gyutacsok emlékét így már csak felidézni tudjuk a 6. mellékletben.)

Talán a szakemberek számára is kevésbé ismert, hogy a BM Tűzszerész Szolgálat részére *papírhüvelyes villamos gyutacs* is készült Magyarországon az 1990-es években. A szolgálat feladatai között előfordulhatott a zárt térben robbantás is, ahol a fémhüvelyes gyutacsok repeszhatása káros lehetett. Így fejlesztették ki és gyártották ezt a gyutacsot, az alábbi főbb paraméterekkel:<sup>217</sup>

- a gyutacshüvely parafinozott kartonpapír;
- primer töltete ólomazid;
- szekunder töltete nitropenta;
- az izzógyújtó IG–ABG típusú, „én” növelt gyújtási impulzusú;
- erőssége: minimum 8-as;
- a gyutacs robbanása során annak szilánkveszélyes zónája 5-10 cm volt, szemben a fémburkolatú gyutacsok 6-15 m értékével;
- mivel az izzógyújtója villamosérzéketlen kategóriába tartozott, így a kóbor- és örvényáram-biztonsága nagy volt.

### 1.6.4. Időzített gyújtó- és robbanózsínórok

Korábban megismerkedtünk a gyutacsok kialakulásával és a villamos gyújtással. A következőkben pedig az időzített gyújtózsínór és a robbanózsínór segítségével végrehajtott robbantás fejlődéséről lesz szó. A sorrend nem önkényes, bármennyire is logikusnak tűnik az az elgondolás, hogy a villamos gyújtás sokkal újabb keletű, mint például az időzített gyújtózsínóros. A valóságban Harris William Snow már 1823-ban *villamos gyújtógéppel* hajtotta végre feketelőpor-töltet nagyobb távolságból való indítását; ugyanakkor William Bickford csak 1831-ben találta fel Cornwallban a *biztonsági gyújtózsínórt*.

#### 1.6.4.1. A feketelőpor-töltetek indításának kezdeti módszerei, az időzített gyújtózsínór kialakulása

Az első töltetek robbantása meglehetősen kezdetleges módon történt: a fojtásban vagy – kisebb átmérőjű töltetüreges esetén – az ún. „fojtó cövekben” nyílást hagytak, és ebbe töltötték bele a gyújtásra szolgáló

<sup>216</sup> [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) (a letöltés ideje: 2016. 10. 04.)

<sup>217</sup> Diószegi Imre: *Értékelő jelentés a papírhüvelyes villamos gyutacs és az ólomköpenyes robbanózsínór ellenőrző vizsgálatairól*. MH Haditechnikai Intézet, 1993.

puskaport. Ezt a puskaportöltetet a régi kalandfilmekben látott módon, vékony csíkban kiszórt, esetleg kis vajatban odavezetett lőporral gyújtották meg.

A fejlődés következő állomása a „csöves gyújtók” megjelenése volt. Ezek kifűrt nádból, mogyoró-vagy fűzfavesszőből álltak, melyeket finomszemcsés lőporral töltöttek meg, aztán a főtöltetbe helyeztek. Víz alatti robbantás esetén faggyúval kezelt bőrcsővecskéket töltöttek meg szintén puskaporral. Később az angolok lúdtollból készítették gyújtócsöveiket, majd megjelentek a papírcsíkokból sodort gyújtók is. A gyújtócső indítására megfelelő hosszúságú kénfonalat alkalmaztak, amely lassan égett, ezzel lehetőséget adott a robbanást végzőknek arra, hogy biztonságos távolságra menjenek.

A ma is alkalmazott *időzített gyújtózsínór* őseit a már említett Bickford találta fel Angliában, 1831-ben. Ezért is nevezték sokáig az ilyen rendszerű gyújtózsínókat *angol gyújtónak* vagy *Bickford-zsínórnak*. Az alapváltozat 1,5–2 mm vastagságú feketelőporbélből állt, melyet salétromba áztatott vékony jutafonál vett körbe. Erre került a külső kátrányozott burkolat. A 4 mm átmérőjű Bickford-zsínórnak ez a változata csak száraz körülmények között végrehajtott robbantásra volt alkalmas, viszont volt egy óriási előnye: viszonylag pontosan meghatározott égési sebességgel (60–80 cm percenként) rendelkezett. Karikába hajtva, 8–10 m hosszú tekercsekben árulták. Megjelent természetesen 5 mm vastag vízálló változata is, amely kettős kátrányozással készült.

A korunkban is használt időzített gyújtózsínór nem sokat változott az idők során, csupán a korszerűbb anyagok és technológiák megjelenésével műanyag burkolatot kapott és az égési sebessége lett még pontosabb. A kereskedelmi forgalomban kapható (és a Magyar Honvédségnél is rendszeresített) zsínór általában 1 cm/s égési idejű. Az ipari robbantástechnikában elterjedtebb a 2 cm/s égési sebességű gyújtózsínór. Ezt azért is fontos tudnunk, mert a katonai robbantási biztonsági előírások 50 cm-ben minimalizálják a legrövidebb felhasználható zsínór hosszát. Meglepetésként hathat, amikor az ipari robbantástechnika előírásai szerint ugyanez az érték 1 m, azonban ennek egyedüli oka a gyújtózsínór eltérő égési sebessége.

#### 1.6.4.2. A robbanózsínór feltalálása

A Bickford-zsínór megjelenése a robbantó szakemberek kezébe olyan eszközt adott, mellyel végre biztonságossá vált a töltetek indítása. Ugyanakkor a mindennapi életben egyre nagyobb igény mutatkozott – a katonai gyakorlatban éppúgy, mint az ipari robbantásoknál – több töltet egyszerre történő iniciálására. Az időzített gyújtózsínór mintájára olyan zsínórok fejlesztésével kezdtek kísérletezni, melyeknél a feketelőpor helyére magasabb hatóerejű robbanóanyagot tettek. Az elv megfogalmazása könnyű, a gyártás technológiai megvalósítása már sokkal nehezebb volt. Az első ún. „*durrano gyújtózsínórt*” 1879-ben vezették be a francia hadseregben. Lőgyapotot<sup>218</sup> töltöttek ólomcsöbe, melyet aztán 4 mm vastagságúra húztak. Később az ólmot cink váltotta fel, a zsínórt pedig dobra tekercselve forgalmazták. Meggyújtva lassan égett, majd egy idő után elaludt, viszont gyutaccsal felrobbantva 40–60 m/s sebességgel robbant végig. Ez a sebesség biztosította több töltet szinte egyidejű robbantását (például 50 m-es töltettávolságnál, soros kapcsolás esetén a második töltet az elsőhöz képest csak 0,012 másodperccel kapta később a gyújtó impulzust).

Az osztrák–magyar hadseregben 1889-től kezdték alkalmazni a Hess-féle „*pillanatnyi durranó gyújtózsínórt*”. Ez már hajlékony zsínór volt, mivel a durranóhiganyba mártott, négy gyapotfonálból álló töltetet kaucsukszalaggal tekerték körbe, majd viaszba mártották. Egyszerűen meggyújtva 10 m/s sebességgel égett, gyutaccsal indítva viszont 3000–3500 m/s sebességgel robbant. Érdekes adalék, hogy a Hess-féle robbanózsínór kezelési utasításában meghatározott biztonsági rendszabályok, valamint a robbanózsínór toldásának végrehajtása megegyezik a ma is érvényben lévő szabályozásunkkal.<sup>219</sup>

A francia szabadalom alapján készített *Primacord robbanózsínórt* 1936-ban mutatta be az Ensign-Bickford Company. A nitropenta töltetű, vízálló robbanózsínór detonációsebessége kb. 6400 m/s volt.

A mai robbanózsínórok általában műanyag burkolattal készülnek, a bennük alkalmazott robbanóanyag legtöbbször megfelelően érzéketlenített nitropenta vagy hexogén. Detonációsebességük – fajtától és felhasználási területtől függően – általában 6000–8000 m/s között van. Eltérő a robbanóanyag-töltetük mennyisége is: 5 g/fm-től egészen 40 g/fm-ig terjed, de kapható speciális feladatokhoz például 80 g/fm töltetű robbanózsínór is. Ennek oka többek között az ipari robbantástechnika előtt álló új kihívásokban rejlik. Az építménybontásoknál a korábban megszokott nagy falvastagságú téglapépületek helyett ma már a modernebb, keskeny vasbeton szerkezetekből épült létesítmények robbantásos bontása merül fel igényként. Amíg egy 60–80 cm vastag téglafal furatába elhelyezhető volt a robbanóanyag-töltet, az indi-

<sup>218</sup> Nitrocellulóz.

<sup>219</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 63–66.

tógyutacs és a fojtás is, addig ez egy 10–15 cm vékony vasbeton falnál már lehetetlen. Ráadásul a korábbi nagy gázfejlesztő képességű, alacsony hatóerejű robbanóanyagok sem feleltek meg erre a célra. A széles körben elterjedt, közepes hatóerejű, 6400–6600 m/s detonációsebességű brizáns robbanóanyag, a trotil 1 kg-jának felrobbanásakor mintegy 640 liter normál térfogatú gáz képződik, míg az alacsony hatóerejű, csak 1500–2000 m/s detonációsebességű ammóniumnitrát alapú ipari robbanóanyagnál ugyanez az érték 1000 liter körül van – és ez ideális volt a vastag falak rombolására.

A robbanózsínórok eredetileg a gyutacs indításához szükséges energiát „vitték el” a robbantóhelyről, így ehhez valóban elégséges volt akár 10–12 g/fm, magas hatóerejű (7000 m/s feletti detonációsebességű) robbanóanyag is. Viszont a robbanózsínór egy pontosan adagolható, nagy hatóerejű nyújtott töltetnek is tekinthető, és így egyre többször kezdték rombolótöltetként is használni, például a fentebb említett „karcsú” falak robbantására. A korszerű fűrási technika ma már lehetővé teszi ezeknek a szerkezeti elemeknek hosszirányban történő fűrását is, amelybe aztán 40, 60 és 80 g/fm nagyhatóerejű robbanóanyagot helyezve végrehajtható a rombolásuk.

Speciális feladatokhoz olyan nyomás- és hőálló robbanózsínórok is készülnek, melyeket kívülről alumínium- vagy ólomburkolat fed.

#### 1.6.4.3. Időzített gyújtózsínórok és robbanózsínórok a magyar honvédségnél

A *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* (1899) című kiadvány szerint „egy lovassági gyúzsinegdobozon a szabványos (angol) gyúzsinegből 50 m., a durranó gyúzsinegből pedig 100 m. van felgombolyítva”.<sup>220</sup> Az időzített gyújtózsínórból készült (az 1.6.2.2. alpontban bemutatott) „robbanószelencze-időzítőgyújtók” is rendszeresítve voltak, a bemutatott pontosságú égési sebességgel. A kiadvány szerint a „durranó-gyúzsineg egyszerűen meggyújtva, gyorsan ég el”.<sup>221</sup> Égési sebességként kb. 10 m/s-ot adtak meg, ugyanakkor robbanó gyutaccsal indítva 3000–3500 m/s volt „az eldurranás sebessége”. A *Vezérfonal* bemutatja a „durranózsineg” hálózatának készítését is. A leágazások kialakítását a rendszeresített kapcsolóhüvelyek segítették. Az 1. számúval a gyutacsot kötötték össze a durranózsineggel. A 2. számú 3-4, a 3. számú pedig 5-6 „durranózsineg elágazásnak a szabványos gyúzsineg 2 gm.-os gyutacsával való összekötésére szolgál”.<sup>222</sup>

Az *E-23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára* (1902) a *Vezérfonal*-ban foglaltakhoz képest tisztázza, hogy a durranó gyújtózsineg<sup>223</sup> durranóhigany töltetű, amíg a burkolat megvédi a mechanikus hatásoktól (ütés, dörzsölés), nem robban fel. Már megjelennek azok a biztonsági előírások, melyeket a mai napig betartatunk a robbanózsínórral végzendő munkák során:

- a dobról vágás előtt le kell gombolyítani a robbanózsínórt;<sup>224</sup>
- a vágást falapon, éles késsel, a zsinórt egy, a kezét óvó másik falappal megtámasztva kell elvégezni;<sup>225</sup>
- minden vágás után a falapot és a kést meg kell tisztítani a vágás során keletkezett törmeléktől, és a következő vágást a deszkalapnak egy más részén kell elvégezni;
- gyutacsba helyezett zsinórt vágni szigorúan tilos!

A durranó gyújtózsineg hálózatainak készítéséről a *Vezérfonal*-nál bemutatottakon kívül a hidak robbantását tárgyaló részben is ír.

A 9169/eln. körrendelet (1906. X. 15.) az alábbiakról intézkedik: „A robbanó gyúzsineg helyébe a 03 mintájú durranó gyújtó zsinórt rendszeresítem. Az előbb említett gyúzsinegnek az utóbbival való pótlása, valamint a vonatkozó szolgálati könyveknek helyesbítése iránt külön fogok intézkedni.”<sup>226</sup>

Az 1915-ben kiadott *E-39.b. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság számára* ugyanazokról a robbantószerkekről számol be, mint elődei. Változást jelent, hogy a „durranó gyújtózsineg” robbanási sebességének 5 km/s értéket ad meg, de kezelésével kapcsolatban megegyező elvekről ír, mint az 1902-es szabályzat. Újdonságként jelentkezik, hogy a „kettős angol gyújtózsineg” minden tekercsének megkezdésekor gyújtási próbát végeztet el, melynek során az 1 m hosszú zsinórdarab égési sebességének 90–120

<sup>220</sup> *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához – fordítás.* Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899, 189.

<sup>221</sup> *Uo.*, 188.

<sup>222</sup> *Uo.*, 189.

<sup>223</sup> A kiadványban, utólag kézzel mindenhol felülírták „robbanó gyújtózsineg”-nek.

<sup>224</sup> A mai szabályozás annyival megengedőbb, hogy a vágás helye és a tárolódob között min. 10 m-nek kell lenni – de ma már nem is durranóhiganyos, hanem nitropenta töltetű robbanózsínórt használunk.

<sup>225</sup> A kezelt védő deszkalap ma már nem követelmény (de nem is tilos).

<sup>226</sup> 9169/eln. körrendelet (1906. 10. 15.). *Rendeleti Közlöny*, 1906, 404.

másodperc között kell lennie. Az időzített gyújtózsínórral szerelt tölteteket, ha azok nem robbantak fel, csak 15 perc várakozási idő után engedi megközelíteni.<sup>227</sup>

Az E-34. (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I.* (1929) a műszaki csapatok rendszeresített időzített gyújtózsínórként a „kettős angol gyújtózsínór”-t jelöli meg, melynek égési sebessége 1 cm/s, 8–12 m hosszú tekercsekben került kiadásra, minden tekercs megkezdésekor egy 50 cm-es darabbal égési próbát kellett végrehajtani. Pontosítja, hogy a gyújtózsínórral indított, fel nem robbant töltet csak „a gyújtózsínór hosszának megfelelő háromszoros égési idő tartamának (gyakorlatoknál legalább ¼ óra) eltelte után közelíthető csak meg”.<sup>228</sup>

Alap robbanózsínórként a 9169/eln. körrendelettel (1906) bevezetett 03. mintájú durranó gyújtózsínór maradt rendszerben, 5000 m/s robbanási sebességgel, víz alatti robbantásoknál is alkalmazva. Kezelésével kapcsolatban az 1915-ös szabályzatban bemutatottak maradtak érvényben azzal a pontosítással, hogy a robbanózsínór vágásakor nem kell feltétlenül letekerni a teljes 100 m-es tekercset a dobról, de a dob és a vágás helye között legalább 10 m-nek kell lennie.<sup>229</sup>

Használták ezenkívül a „fulminát gyújtózsínór”-t is, melynél „a bél burkolata csak vizes glicerinnel van átítatva, miért is útés, dörzsölés és nedvesség iránt jóval érzékenyebb”.<sup>230</sup> Érdekeség, hogy ezzel a gyújtózsínórral bemutatja a löpor, illetve az „I. sz. dinamit” töltetek gyutacs nélküli robbantását, a ma is alkalmazott eljárásnak megfelelően, négy menetet tekerve a zsinórból a töltet köré.

Külön fejezetben tárgyalja a durranó gyújtózsínóros hálózatok készítését, bemutatva a párhuzamos és soros hálózatot. A leágazások készítéséhez továbbra is a fent bemutatott összekötő hüvelyeket használja.

A *Robbantási segédlet* (1950) 10 m-es tekercsekben készített, fekete, aszfalt burkolatú, 1 cm/s égési sebességű időzített gyújtózsínórrol ír. A tekercs megkezdésekor egy 60 cm-es darabbal égési próbát ír elő, melynek során 60-70 másodperc között kellett végigégnie a vizsgált zsinórnak. A műszaki csapatok által használt nitropenta töltetű, vörös színű, 6500 m/s robbanási sebességű durranó gyújtózsínórt 50 m-es tekercsekben adták ki. A szerelt töltet készítésének, a durranó gyújtózsínór kezelésének, kötéseinek, indításának szabályai, a belőlük készíthető hálózatok (soros, párhuzamos, vegyes) megegyezők a mai szabályokkal. Igaz ez a velük végzendő munkák során betartandó biztonsági előírásokra is.

Az E-mű.1. *Ideiglenes robbantási utasítás* (1950) annyiban hoz újat a *Segédlet*hez képest, hogy négyféle (egyébként egyaránt 1 cm/s égési sebességű) időzített gyújtózsínórt (úgy mint a guttapercha, a kétszer bitumenezett, az egyszer bitumenezett és a fehér zsinór) és ötféle durranó gyújtózsínórt mutat be. A felsorolt durranó gyújtózsínórok töltete és detonációsebességük:

- durranóhigany: 5000–5300 m/s;
- durranóhigany és tetril: 5000–5300 m/s;
- hexogén: 7600 m/s;
- hexogén és tetril: 6500 m/s;
- nitropenta: 6500 m/s.<sup>231</sup>

A Mű/2. *Robbantási utasításban* (1965) az elődeihez képest újdonság az, hogy az időzített gyújtózsínór-tekercs megkezdésekor az égési próbát úgy végezteti el, hogy először levágat egy 10-15 cm-es darabot, és csak ezt követően a 60 cm hosszú próbadarabot. Az időzített gyújtózsínórnál már csak a vízhatlan változatok maradtak meg (egyszeresen és kétszeresen bitumenezett, valamint műanyag burkolatúak), melyek 5 méter vízmélységig alkalmazhatók. Egyféle, nitropenta töltetű durranó gyújtózsínór maradt, 6–7000 m/s detonációs sebességgel. Megjelenik a troiltöltet gyutacs nélküli robbantása a fentebb bemutatott 1929-es szabályozáshoz hasonló módon, „4-5 – egymást nem keresztező – zsinórmenet” rácsavarásával.<sup>232</sup>

A Mű/213. *Robbantási utasítás* (1971) zöld színű, műanyag burkolatú időzített gyújtózsínórrol (IGYZS) és piros színű műanyag burkolattal ellátott, 8 g/fm nitropenta töltetű durranó gyújtózsínórrol ír, mely az 1980-as években robbanózsínór megnevezésre változott (RGYZS). Kezelésük, alkalmazásuk szabályaiban változás nem történt. Az *Utasítás* 3. számú mellékletében a „népgazdaságban használt robbantószerkek” között bemutatja a Nipentex nitropenta töltetű, valamint a Nihetex hexogén töltetű robbanózsínórokat.

<sup>227</sup> Ez a szabály ma is él.

<sup>228</sup> E-34. (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 63.

<sup>229</sup> Ez az előírás érvényes ma is.

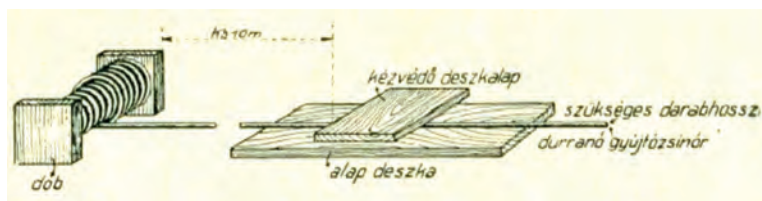
<sup>230</sup> E-34. (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 67.

<sup>231</sup> E-mű.1. *Ideiglenes robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 4. sz. táblázat, 42–43.

<sup>232</sup> Mű/2. *Robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965, 48.

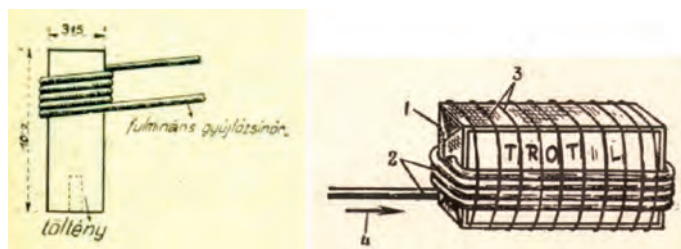


Több helyen utaltunk a robbanószinórok kezelésével kapcsolatban a régmúlt és a jelen szabályozásai közötti azonosságokra. Ezt bizonyítandó mutatjuk be az alábbi ábrákat.



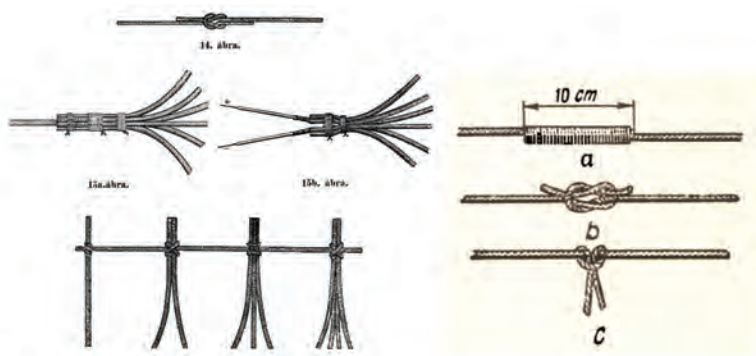
27. ábra

Robbanószinór vágása 1928-ban<sup>233</sup>



28. ábra

Töltet gyutacs nélküli robbantása 1928-ban<sup>234</sup> és 1971-ben<sup>235</sup>



29. ábra

Robbanószinór-kötések, 1903<sup>236</sup> és 1971<sup>237</sup>

### 1.6.5. A NONEL gyújtási rendszer

A svéd Nitro Nobel cég 1973-ban mutatta be forradalmian új, eddig még soha nem látott gyújtási rendszerét, melyet joggal neveztek az évszázad robbantástechnológiai felfedezésének. A termék az angol *Non-Electric Initiation System* (nem elektromos iniciálási rendszer) kifejezésből kapta a *NONEL* elnevezést. De miben is állt e rendszer újdonsága?

A korszerű robbantástechnikában egyre inkább előtérbe kerültek a környezetvédelem kérdései. Ezen belül kiemelkedő fontosságot kaptak a robbanás szeizmikus hatásának lehető legkisebbre csökkentése, a minél kevesebb robbanóanyaggal minél pontosabb hatás elérésének elve, továbbá a robbantóhálózat egyszerű kezelhetőségének, külső körülményektől (hőmérséklet, nedvesség, kisebb fizikai behatások, elektromos energiaforrás közelsége) független alkalmazhatóságának követelménye.

A legbiztonságosabbnak tartott elektromos robbantások sok tekintetben eleget tettek ezen elvárásoknak, a késleltetett hatású, mind pontosabb gyutaccsorozatok sok sikeres robbantás végrehajtását

<sup>233</sup> E-34. (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 13. ábra, 66.

<sup>234</sup> Uo., 14. ábra, 67.

<sup>235</sup> Mű/213. Robbantási utasítás. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971, 20. ábra, 40.

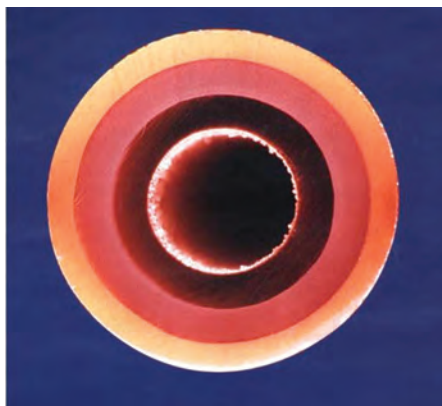
<sup>236</sup> Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve. Pallas Rt., Budapest, 1903, 14–15. ábrák, 64.

<sup>237</sup> Mű/213. Robbantási utasítás. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971, 21. ábra, 41.

tették lehetővé. De a feladatok egy részénél komoly gondot jelentett, hogy a hálózatban alkalmazható késleltetési idők korlátozott lehetőséget biztosítottak a tervező számára a fokozatok időbeli eltolására. Egy épületbontásnál hatalmas teljesítményű robbantógépekre volt szükség (ezek beszerzése nem csekély költségekkel járt), és még ekkor sem volt biztos, hogy a kívánt teljesítményt eléri. Ez utóbbi ok miatt terjedtek el abban az időben, a szakzsargonban „szimultán robbantásnak” nevezett – nem éppen szabályos – módszerek, melynél a robbantómester két robbantógépet nyomott meg egy időben a hatalmas hálózat felrobbantásához. Ráadásul bizonyos körülmények között – nagyfeszültségű áramforrások közelsége (trafóállomás, távvezeték stb.) és kóboráram-veszély esetén – a villamos robbantásról eleve le kellett mondani.

Mindezen problémák megoldását kínálta az új iniciálási rendszer, a NONEL. Az alapvezeték egy 3 mm külső átmérőjű, háromrétegű műanyag cső, melynek belső falára vékony robbanóanyag-hártyát visznek fel (a robbanóanyag HMX<sup>238</sup> és alumínium keveréke). A robbanóanyag mennyisége elegendő ahhoz, hogy a robbanási lökéshullámot 2100 m/s sebességgel továbbadja a cső teljes hosszában, de kevés ahhoz, hogy a cső falát átütve külső hatást váltson ki. A cső anyaga ellenáll mindenféle külső fizikai hatásnak:

- szakítószilárdsága 20 °C-on 25 kg, 70 °C-on 15 kg;
- alkalmazható –40 °C és +70 °C hőmérsékleti határok között;
- a cső ellenáll különféle agresszív közegnek is: például dízelolajban 2 hétig, ANDO (ammónium-nitrát–dízelolaj keveréke) robbanóanyagban 5 hétig a gyár által garantáltan működőképes marad.



30. ábra

*NONEL cső keresztmetszete*<sup>239</sup>

Maga a rendszer vízhatlan, hálózat készíthető belőle földfelszíni és föld alatti robbantásokhoz éppúgy, mint víz alatti munkák során.



31. ábra

*Föld alatti NONEL-robbantás*

<sup>238</sup> Cyclotetramethylenetetranitramine, C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>N<sub>8</sub>O<sub>8</sub>, oktogén.

<sup>239</sup> A NITRO NOBEL cég termékismertetője; a 31–37. ábrák is ebből az anyagból származnak.



32. ábra

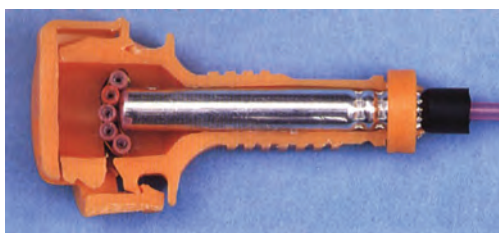
*Földfelszíni NONEL-robbantás*

Nagy előnye, hogy elektromos áramforrás közelségétől függetlenül alkalmazható. A legnagyobb vívmány azonban a következő: a rövid és a hosszú késleltetésű gyutacsorozat, valamint a szintén késleltetett gyutaccsal szerelt kapcsolóegységek révén korlátlan méretű és késleltetési idejű hálózat készíthető belőle úgy, hogy az indításhoz elégséges a készlethez rendszeresített egyszerű csappantyús egység, ennek hiányában pedig akár egy robbantó, akár egy villamos gyutacs!



33. ábra

*NONEL robbantógép*



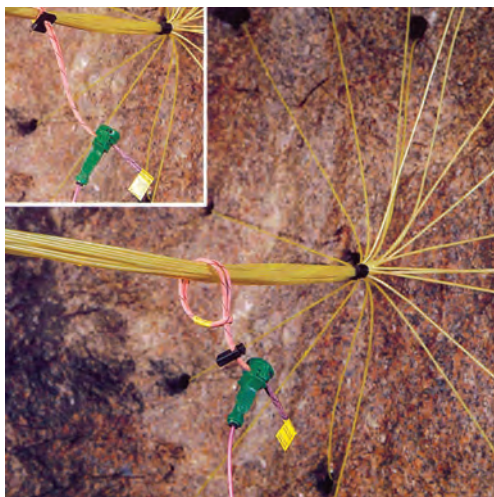
34. ábra

*NONEL konnektor metszete az öt vezetékkel*



35. ábra

*NONEL csatlakozókonnektor-sorozat, színek szerinti eltérő késleltetéssel  
(a késleltetési idők balról – zöld szín – jobbra haladva 0-17-25-42-67-109-176 ms)*

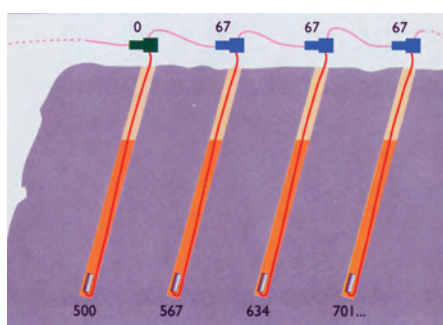


36. ábra

5-nél több NONEL-vezeték csatlakoztatása egy csomópontba, robbanózsínórral

(amennyiben a robbanózsínór töltetmérete legalább 3,5-5,0 g/fm, maximum 20 szál NONEL-zsínór indítása)

Hogy a késleltető konnektorok nyújtotta lehetőségeket, és a késleltetett gyutacsokhoz képest valóban „korlátlan” méretű robbantóhálózatok kialakításának lehetőségét megértsük, egy példát mutatunk be a 37. ábrán. Mint látható, a töltetekben lévő alapgyutacs minden sorban egyforma, 500 ms késleltetésű, tehát a tárgyalt NONEL-típus rövid késleltetésű MS sorozatából (75-500 ms-g terjed) mindössze egyet vettünk igénybe. Ehhez kapcsolva a kék színű, 67 ms-os késleltetésű csatlakozó konnektort, mégis a látható késleltetési időket érjük el az egyes sorok tölteteinek robbanásakor.



37. ábra

Töltetek sorozatrobbantása NONEL rendszerű késleltetéssel

Azóta a világ számos robbantóanyag-gyártó cége megjelent a saját fejlesztésű, de alapl működését és „filozófiáját” tekintve az eredetivel szinte megegyező NONEL-rendszerével.

Ugyancsak megjelentek a polgárihoz képest kissé robusztusabb felépítésű katonai NONEL-rendszerek, ahol természetesen az ipari robbantástechnikában a hálózat áttekinthetőségét, szerelését megkönnyítő élénk vezeték színnek helyett a zöld szín dominál.

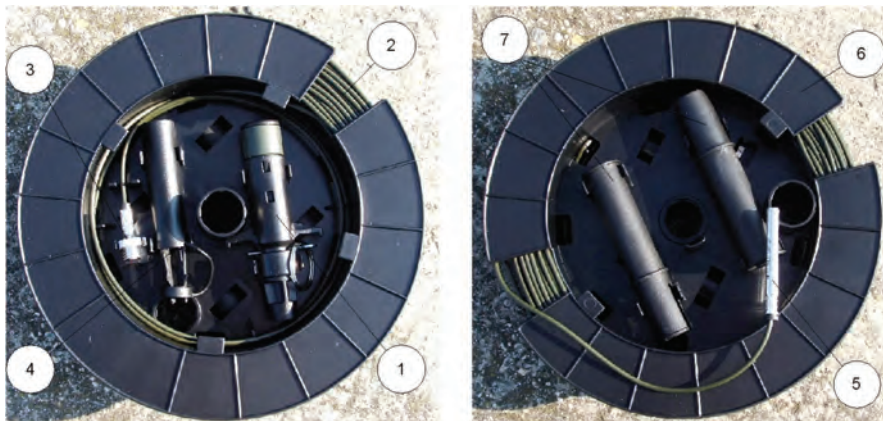
#### 1.6.5.1. A NONEL gyűjtési rendszer a Magyar Honvédségnél<sup>240</sup>

A Magyar Honvédség a svéd NORABEL és a cseh AUSTIN cégek katonai célra kifejlesztett NONEL-rendszereinek egyes elemeit vásárolta meg. A rendszeresítés az 569/97/2003/TH. (HK 26.) HM határozat alapján történt. Alkalmazását a 838/2006. (HK 23.) MH ÖLTPK intézkedéssel megjelentetett, *Harckocsi és gya-*

<sup>240</sup> Az alfejezetben foglaltakat dr. Kovács Zoltán: NONEL nem elektromos iniciálású katonai gyűjtőrendszerek című cikke alapján mutatjuk be. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2006, XVI. évf. 1–4., 109–117.

logság elleni akadályrendszerek anyagainak és eszközeinek, valamint az új típusú harcanyagok kezelése és karbantartása című főnökségi kiadvány rögzíti.<sup>241</sup>

Alapvető eltérés a két beszerzett katonai NONEL-eszköz között azok „indításában” van. A NORABEL NONEL indítója egy egyszer használatos kézi elsütő mechanizmusból és a NONEL jelvezetékéből áll, melynek egyik végén egy csappantyús primer gyújtóegység, a másik végén a töltet iniciálásához szükséges pillanathatású gyutacs található.



38. ábra

*A NONEL indító főbb részei (NORABEL)*

1: elsütő mechanizmus; 2: NONEL jelvezeték; 3: primer gyújtóegység; 4: csatlakozó egység; 5: gyutacs; 6: kábeldob; 7: műanyag fogantyú

Mivel valamennyi szükséges alkomponens csatlakoztatva van az egységhez, a NONEL indító egy teljesen önálló, bármilyen típusú robbantási feladathoz, bármikor használatra kész iniciáló eszköz.



39. ábra

*Kézi elsütő mechanizmus (NORABEL)*

Valamennyi NORABEL gyártmányú indító tartalmaz még egy, a szerelt gyutacsok (maximum 8 darab) opcionális csatlakoztatását vagy leágaztatását biztosító csatlakozó egységet és két darab, a NONEL jelvezeték kábeldobról történő le- és feltekerését megkönnyítő műanyag fogantyút is.

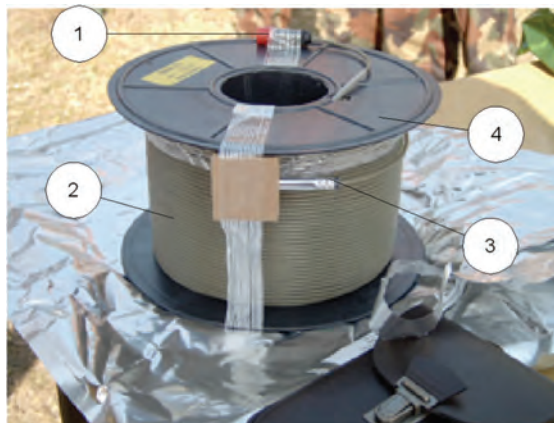


40. ábra

*Jelvezetékek rögzítése a csatlakozó egységben (NORABEL)*

Az AUSTIN gyártmányú katonai NONEL gyújtórendszer eltérő sajátossága, hogy az SRNA MR-1 típusjelű, többször felhasználható kézi elsütő mechanizmus nincs az indítókhöz készletezve.

<sup>241</sup> A BRW/(F) villamos gyutacsával együtt.



41. ábra

*A NONEL indító főbb részei (AUSTIN):*

1: primer gyújtóegység; 2: NONEL jelvezeték; 3: gyutacs; 4: kábeldob



42. ábra

*MR-1 kézi elsütő mechanizmus (AUSTIN)*

Az alapváltozat 17–6000 ms közötti késleltetésű gyutacssorozatából a Magyar Honvédség mindössze az 500 ms késleltetésű gyutacsot vette meg 4,2, illetve 7,8 m-es vezeték hosszúsággal, valamint a 25 ms késleltetésű hurokkapcsolót, mellyel a robbantóhálózat leágazásait tudjuk késleltetni.

A NORABEL gyártmányú katonai NONEL-rendszert egyaránt szerelték a primer robbanóanyagot nem tartalmazó, nagyon biztonságosan kezelhető NPED gyutaccsal, valamint hagyományos gyutacsokkal is. A MH által beszerzett NONEL-eszközök közül az első tétel NORABEL volt NPED-gyutacsos, sajnos az ezt követő két tétel AUSTIN gyújtórendszer már hagyományos gyutacsokkal készült.

A Magyar Honvédségben rendszeresített, NONEL rendszerű iniciáló eszközök kínálta új lehetőségeket az 5. fejezetben mutatjuk be részletesen.

## 1.7. Összefoglalás és részkövetkeztetések

A robbanás jelenségét vizsgáló szakemberek – elsősorban katonák – a XIX. századtól már pontosnak mondható ismeretekkel rendelkeztek ennek a nagyon gyors kémiai reakciónak minden fontos jellemzőjéről. (Ez nem is olyan meglepő annak ismeretében, hogy például Eugene Mach és P. Salher már 1884–1885-ben gyorsfényképező kamerát használt a ballisztikai kutatásokhoz Ausztriában.)<sup>242</sup> A robbanóanyag fogalmának megadása a vizsgált több mint száz év katonai robbantási szabályaiban nagyon hasonló, néhány kisebb pontatlanságtól eltekintve, melyre a fejezet során felhívtuk a figyelmet.

A robbantástechnikai fejlesztésekben, ezen belül a robbantóanyag-gyártásban is a II. világháború végéig a katonai szektor dominált. Ezt követően viszont kezdett élesen elkülönülni egymástól a katonai és az ipari robbantástechnika az eltérő cél-, feladat- és követelményrendszer miatt.

<sup>242</sup> TM 9–1300–214 *Military explosives technical Manual*. Headquarters, Department of the Army, Washington DC, USA, 1984, 2–7.

A katonai szervezetek a világon mindenhol nagy robbanóanyag-felhasználók. Robbanóanyag-szükségletük két nagy területre bontható:

- A gyári szerelésű robbanótestek (tüzérségi löszerek, légi- és vízbombák, torpedók, kézigránátok, tengeri és földi telepítésű, ún. műszaki aknák stb.) töltetként felhasználandó robbanóanyagok, amelyek az összmenyiség nagyobbik részét teszik ki.
- A harctevékenységek közvetlen előkészítése és a harc megvívása során, elsősorban műszaki támogatási feladatok végzésére alkalmazandó robbanóanyagok (a továbbiakban az egyszerűség kedvéért nevezzük őket utász robbanóanyagoknak).

A gyárilag előreszerelt robbanótestek esetében a robbanóanyagokkal szemben a világon mindenhol követelményként támasztják többek között a nagy brizanciát, a megfelelő kémiai és fizikai stabilitást (ebből következően a hosszú idejű – legalább tízéves – tárolhatóságot), a külső fizikai hatásokkal – akár lövés-sel – szembeni érzéketlenséget, ugyanakkor az aránylag egyszerű és biztos iniciálhatóságot, a fémekkel szembeni passzivitást, a szélsőséges hőmérsékleti viszonyok közötti működőképességet, valamint lehetőleg a vízhatlanságot.

Az utász robbanóanyagoknál ez a követelménysor kiegészül a könnyű adagolhatósággal és szerelhetőséggel,<sup>243</sup> valamint a gyutacsindíthatósággal.

A politikailag és területileg önálló államok hadseregei és hadiipara részére – melyek nem tartoznak semmilyen koalíciós rendszerhez sem – nagy kihívást jelentett és jelent a fenti követelményeknek eleget tevő katonai robbanóanyagok megfelelő mennyiségének és minőségének biztosítása. A történelem ismételte önmagát, amennyiben hazánkban a rendszerváltozást követően hasonló állapot alakult ki ezen a téren, mint korábban az Osztrák–Magyar Monarchia felbomlása után. A függetlenné vált állam akkor sem rendelkezett megfelelő nyersanyagforrásokkal az addig rendszeresített katonai robbanóanyagok gyártásához, ezért azokat külföldről kellett biztosítani, ami – stratégiai fontosságú katonai termékről lévén szó – nem volt egyszerű dolog, és feltétlenül növelte az ország kiszolgáltatottságát.

A magyar honvédségnél a vizsgált időszakban többféle robbanóanyag volt rendszerben, melyek jelentősen eltértek egymástól nemcsak megjelenési formájuk, de brizanciájuk és munkavégző képességük tekintetében is. Ráadásul a II. világháború előtt és az után teljesen más utász robbanóanyag volt rendszerben a műszaki csapatoknál (ekrazit, illetve trotil), melyek egymáshoz viszonyított átválthatóságáról a különböző robbantási feladatoknál semmilyen támpont nem állt rendelkezésre. Ennek következtében el kell vetnünk azt az elképzelést, hogy a továbbiak során az egyes korokban alkalmazott robbantási eljárásokat úgy is vizsgáljuk, hogy azonos kiinduló adatokkal oldjunk meg példákat a különböző képletek felhasználásával. Az így nyert eredmények ugyanis éppen a robbanóanyagok eltérő jellemzői (hatásadatai) miatt nem vehetők össze. Amennyiben elfogadjuk, hogy egy adott szilárdságú szerkezet egyforma mértékű rombolásához a képletek eltérő külső formája ellenére azonos tömegű (adott brizanciájú és munkavégző képességű) robbanóanyag-töltetre van szükség, úgy esetleg az egyes korok robbanóanyagainak egymáshoz viszonyított hatóerő szorzószámait lehetne ezzel megállapítani. Mivel viszont az egyáltalán nem várható, hogy a trotilt újból felváltsa például az ekrazit vagy a „cseppfolyós levegő” (a repesztőszelatinról és a különböző „hadi dinamit”-okról már nem is beszélve), így ezekről a vizsgálatokról le kell mondanunk.

Az alkalmazott robbantószerkezetekben érdekes módon kevésbé figyelhető meg éles változás a vizsgált több mint egy évszázad alatt. A durranóhiganyos robbantógyutacsot felváltotta az ólomazid alaptöltetű, de ugyanúgy 8-as erősségű gyutacs. A robbantási munkák során azonban továbbra is ez maradt a legérzékenyebb elem a biztonság szempontjából. A szinte teljesen kezelésbiztosnak tekinthető NPED-gyutacs – bár egyre inkább elterjedt az ipari robbantástechnikában – pontosan a leginkább érintettnek tekinthető katonai robbantástechnikában nem jelent meg eddig, legalábbis hazánkban.

Az időzített gyújtózsínór és a robbanózsínór kezelésének, alkalmazásának előírásai szinte semmit nem változtak a kezdetektől napjainkig. A napi élet által kikényszerített szabályok „rendszersemlegesek”, a lehető legnagyobb biztonságot szolgálják.

A villamos gyújtás kérdése azért különleges, mert az elveket tekintve itt sincs radikális változás az egyes korokban alkalmazott robbantószerkezeteknél, mindössze a technikai fejlődés figyelhető meg úgy a gyutacsok, mint a robbantógépek tekintetében. Talán itt a legnagyobb a lemaradása a hazai katonai robbantástechnikának az iparihoz képest. Mit értünk ez alatt? Az elfogadható, hogy egy alapvetően támadó doktrínájú hadsereg nem képes az ipari robbantástechnikában már hosszú évtizedek óta alkalmazott, késleltetett működésű villamosgyutacs-sorozatokat tárolni és a csapatokhoz az adott feladat támasztotta igények szerint kiszállítani. Ráadásul a késleltető pirotechnikai elegy korlátozott garanciaideje miatt a hosszú idejű tárolás

<sup>243</sup> Szerelhetőség alatt a töltetnek a céltárgyra vagy céltárgyba való könnyű elhelyezhetőségét és rögzíthetőségét értem.

(tartalékképzés) sem megoldható. Viszont az már kevésbé érthető, hogy akkor, amikor a külső késleltetésű robbanógépekkel, a rendszeresített pillanathatású gyutacsok segítségével is lehetőség adódik a robbantandó töltetek iniciálási idejének pontos szabályozására, akkor a Magyar Honvédség miért nem él ezzel. A kor új kihívásait szem előtt tartva – véleményem szerint – igenis szakmai lemaradásban vagyunk ezen a téren.

1995-ben a kandidátusi disszertációmban már javasoltam ilyen robbantógépek rendszerbe állítását, a már akkor is leváltásra érett RKA robbantógépek helyett. A – legalábbis részleges – váltást végül is kikényszerítette az irányított repesztöltetek rendszerbe állítása, viszont ezzel együtt egy nagy lehetőséget szalasztottunk el. A TER–6 többcsatornás robbantógép hazai kifejlesztése és rendszerbe állítása tálcán kínálta a lehetőséget a külső késleltetésű robbantás megvalósításához is. Több szakmai fórumon hiába hangoztatott és indokolt véleményem nem talált meghallgatásra: talán takarékosági szempont vezérelhette a megrendelőt. Így végül is nem került e gépbe az ehhez szükséges elektronika, de ezzel (összességében) többet veszített a Magyar Honvédség. A későbbiekben számításokkal fogjuk bizonyítani az egyes töltetek késleltetett indításának fontosságát úgy a környezetkímélő robbantások, mint a felhasználandó robbanóanyag-tartalom takarékoság szempontjából.

Az egyedüli forradalmi változást a katonai NONEL gyújtási rendszer bevezetése jelentette a Magyar Honvédség robbantószerkei közé. Tekintve, hogy ezzel együtt egy-egy késleltetési fokozatot is beszereztek úgy a kapcsolókban, mint a gyutacsokban, a fent jelzett hiány – részben – megoldódott. Gondokat viszont továbbra is látok.

Egyrészt a NONEL-rendszerrel való robbantás sokkal többbe kerül, mint a külső késleltetésű robbantógép által vezérelt, pillanathatású villamos gyutacsok alkalmazása. Továbbra is kérdéses az éppen szükséges fajtájú és mennyiségű robbantószerkei megfelelő időpontra és helyre kiszállításának biztosíthatósága. A várható robbantási feladataink során ráadásul nem is igazán tudjuk kihasználni a NONEL-rendszernek azon hatalmas előnyét, hogy szinte korlátlan számú késleltetési fokozatú és méretű hálózat készíthető belőle, mely akár egy szerelt gyutaccsal is iniciálható.

Másrészt hiányzik az a szakmai útmutató (segédlet), mely a műszaki parancsnok munkáját megkönnyítené a robbantási szakfeladat tervezése során: hol, hogyan, milyen késleltetési fokozatokkal alkalmazza a NONEL-hálózatot? Enélkül sajnos elvész a lényeg, a pontosabb, környezetkímélőbb és robbanóanyag-takarékos robbantás végrehajtása, amely például egy békemisszióban, de akár egy rendkívüli (katasztrófa) helyzetben végrehajtandó robbantásnál is már igenis fontos szempont!





## 2. Szerkezeti elemek robbantása és földrobbantás

A fejezetben feldolgozzuk a fa, acél, téglá, kő, beton és vasbeton szerkezeti elemek robbantásának, továbbá a föld és a sziklás kőzetek robbantási szabályainak fejlődését a honi katonai robbantástechnikában.

A tárgyalt robbantási munkák a műszaki alegységek gyakorlatában jelentkezhetnek önállóan, de ugyanakkor a komplex építményrobbantási feladatoknak is az alapját jelentik. A rombolási tervben – a robbantási keresztmetszetek meghatározása után – az ott található egyes szerkezeti elemek felrobbantását már e szabályok szerint kell megterveznünk.

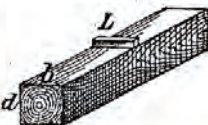
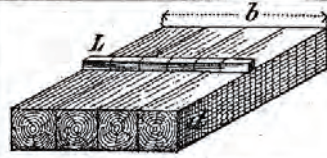
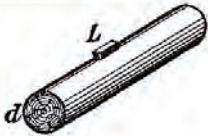
### 2.1. Farobbantás

#### 2.1.1. Fa szerkezeti elemek robbantása

Az 1899-ben kiadott *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához* (a továbbiakban: *Vezérfonal*) a fa szerkezeti elemek robbantását a 9. táblázat szerint tárgyalta (az alkalmazott robbanóanyag ekrazit).

9. táblázat

*A gerendák, gerendafalak és gömbölyű fák robbantómódjainak összeállítása*<sup>244</sup>

Akna-telepítés	A fa		Magyarozó ábra	A töltet képlete	Magyarázat	A töltet összeállítása és elhelyezése
	alakja	nemé				
Szabadon felfektetett töltetek	gerenda	puha		$L=0,05bd^2$	L grammokban b és d centiméterekben. Ha b < d, akkor a képletben b=d teendő. Ha puha fánál a számítás szerint L < mint 0,5 kgr. és kemény fánál L < mint 1 kgr., akkor töltetük első esetben L=0,5 kgr., utóbbiban pedig L=1,0 kgr. veendő.	Körülbelül □ keresztmetszetűvé alakítva. A hosszúság körülbelül = legyen a fa átmérőjével. A töltet hosszirányával a fa hosszirányába fektetendő.
		kemény		$L=0,1bd^2$		
	gerendafal	puha		$L=0,05bd^2$		
		kemény		$L=0,1bd^2$		
	gömbölyű fa	puha		$L=0,05bd^3$		
		kemény		$L=0,1d^3$		

A szöveges részben kiegészítésként olvasható, hogy „ha lehet, a töltetek homokkal megrakott zsákokkal, gyepdarabokkal befedendők; a robbanás hatását mindez fokozza”<sup>245</sup>

Az 1903-ban megjelent *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve* (a továbbiakban: *Kézikönyv*) a fentieknek megfelelő szabályokat fogalmazza meg a fa szerkezeti elemek szabadon felfektetett töltetekkel történő robbantására, csak a képletben alkalmazott betűjelzések változtak:

- keményfa esetén:  $T = \alpha \times s \times m^2$  [1]
- puhafa esetén:  $T = \beta \times s \times m^2$  [2]

T: a „dynamittöltés” értéke grammokban;

$\alpha$  és  $\beta$ : a fa szilárdságától függő tényező (0,1, illetve 0,05 az értéke);

<sup>244</sup> *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához – fordítás.* Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899, 23. sz. táblázat.

<sup>245</sup> *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához – fordítás.* Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899, 196.

s: a gerenda szélessége cm-ben;  
m: a gerenda magassága cm-ben.

A gerenda szélességének minden esetben azon felület szélességét kellett tekinteni, melyre a „töltést” ráhelyezték. A képletben foglaltak abban az esetben igazak, ha 's' értéke nem kisebb 'm'-nél.

Ha  $s < m$ , akkor az alábbi képletek alkalmazandók:

- keményfa esetén:  $T = 0,1 \times m^3$  [3]
- puhafa esetén:  $T = 0,05 \times m^3$  [4]

Gömbfa robbantása esetén is érvényesek a képletek előírásai, csak ebben az esetben  $s = m$  értékével.

A fojtás alkalmazásának előnyeit a *Kézikönyv* is kiemelte, a *Vezérfonal*hoz hasonlóan. Előrelépést jelentett a *Kézikönyv*ben a fák fűrt lyukban elhelyezett, belső töltetekkel történő robbantása. Példaként említi, hogy „Trauzl Izidor mérnök, tartalékos műszaki százados, hadászati szempontból igen fontosnak tartja, a dynamittal való fadöntést”.<sup>246</sup>

A hadsereg fadöntésnél szerzett gyakorlati tapasztalatai alapján az alábbi eljárást ajánlja:

- 0,25–0,5 m faátmérő esetén 4 cm-es amerikai csavarfűróval, sugárirányban kell a fát megfűrni vastagságának 2/3-áig, és a lyuk 1/3-át kell „dynamittal” feltölteni, a többi részt fűrészpórral vagy földdel fojtva;
- 0,5–0,65 m faátmérő esetén a fűrást a vastagság 3/4-éig végezzük, majd a lyukat a feléig töltjük robbanóanyaggal;
- a 0,65 m-nél nagyobb átmérőjű fák esetén két, egymást keresztező lyukat fűrünk, melyeket az előbb említett módon töltünk robbanóanyaggal, de gyutacsot csak az egyik lyukba kell tenni (43. ábra); „a robbantás majdnem simára letöri a fatörzset”.<sup>247</sup>

A *Kézikönyv* kiemeli, hogy „a robbantások következtében a fák azon irányban dőlnek el, amerre természetes hajlásuk van; nem lehet tehát arra dönteni, amerre akarjuk, bármiként fűrjük is a lyukakat”.<sup>248</sup>



43. ábra

Vastag fák fűrt lyukas robbantása<sup>249</sup>

A fák fűrt lyukas robbantásához, a fenti módszerhez ajánlja a *Kézikönyv* az alábbi képletet:

$$T = 0,0003 \times a^2 \quad [5]$$

T: a töltés mennyisége kilogrammokban;

a: a fatörzs átmérője cm-ben.

A *Kézikönyv* ugyanakkor értelmetlennek tartja a fadöntés végrehajtását külső (szabadon felfektetett) összpontosított vagy gyűrűs töltettel, tekintve, hogy a robbanóanyag-felhasználás a nyolcszorosára növekszik a belső töltetkez képest.

Az 1928-ban kiadott *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára 2. Füzet – Robbantások. I. rész* (a továbbiakban: *Műszaki oktatás*) szerint: „Fákat vagy faszerkezeteket háromféleképpen robbanthatunk:

- a) szabadon felfektetett töltetekkel,
- b) víz alatti közbehelyezett töltetekkel,
- c) fűrt lövésekkel.”<sup>250</sup>

<sup>246</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 281.

<sup>247</sup> *Uo.*, 282.

<sup>248</sup> *Uo.*

<sup>249</sup> *Uo.*, 208. sz. ábra, 282.

<sup>250</sup> E-34. (*Műsz. okt. műsz.*) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 127.

A szabadon felfektetett töltet nagyságát az alábbi képlet szerint számították:

$$T = 2 \times sz \times v \quad [6]$$

T: a töltet mennyisége grammokban;  
sz: a keresztmetszet leghosszabb oldala cm-ben;  
v: a fa átütendő vastagsága cm-ben.

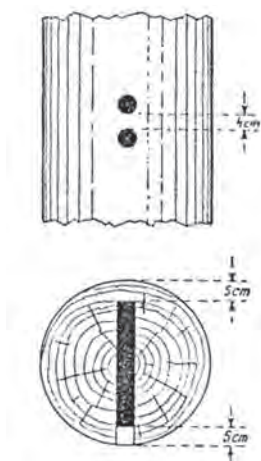
Gömbfák esetén  $sz = v = d$  (a keresztmetszet átmérője), így ebben az esetben:

$$T = 2 \times d^2 \quad [7]$$

A *Műszaki oktatás* fenti képletei kemény, illetve nedves fák esetén adják meg az alkalmazandó ekrazittöltet mennyiségét, míg a száraz, puha fák esetén a kiszámított töltet tömegét a felére rendeli csökkenteni.

A robbanóanyaggal történő takarékoság céljából (ha az előkészítésre fordítandó megnövekedett időszükséglet nem okoz gondot) alkalmazható a „fűrt lövésekkel való farobbantás”. A lyukakat 35 mm-es amerikai fűróval kell elkészíteni (egy 65 cm mély lyuk fűrési ideje 15-20 perc). A készítendő furatok számát a gerenda (gömbfa) szélessége (átmérője) határozza meg: minden 35 cm szélességre egy lyuk szükséges. A lyuk mélysége az átrobantandó fa szerkezet vastagsága mínusz 5 cm. Ezt követően a furatot addig töltjük robbanóanyag-töltényekkel, hogy 5 cm maradjon szabadon fojtásnak. A 0,1 kg-os ekrazit robbantótöltényt alkalmazva ez töltényenként 10 cm töltési hosszát jelentett (31,5 mm volt a töltény külső átmérője, így a 35 mm-es furat töltése nem okozott gondot).

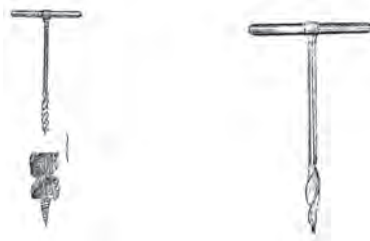
Több lyuk alkalmazása esetén a furatok egymástól való távolsága a fa tengelyvonalaiban 4 cm (44. ábra).



44. ábra

*Farobbantás fűrt lövésekkel*<sup>251</sup>

A már többször említett amerikai fűró és az egyszerű csigafűró közötti különbséget a 45. ábra mutatja be. Hogy milyen jelentősége volt az adott korban egy ilyen, ma már egyszerűnek tekinthető segédeszköznek, azt mi sem bizonyítja jobban, mint hogy bevezetéséről az 1911. október 24-én kelt 99771/7. számú rendelet intézkedett,<sup>252</sup> kimondva, hogy a gyalogságnál minden honvéd gyalogezred részére 1 db 35 mm-es amerikai fűrőt, a lovasságnál honvéd huszárezredenként 1 db 26 mm-es csigafűrőt rendszeresítenek, 10 év „szabványos viselési időtartammal”.



45. ábra

*Amerikai csavarfűró és csigafűró*<sup>253</sup>

<sup>251</sup> E-34. (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 76. sz. ábra, 133.




<sup>252</sup> „Műszaki felszereléshez új czikkek rendszeresítése”.

<sup>253</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve.* Pallas Rt., Budapest, 1903, 212. és 213. sz. ábrák, 20–21.

1926-ban kiadtak egy műszaki szabályzatot a nem műszaki alegységek részére is, *Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára (tervezet)* címen (a továbbiakban: *Műszaki oktatás-nmúsz*). Ebben a robbantási feladatok végzését a többi honvédségi alakulat részére a rendszeresített kézigránatok felhasználásával rendelik el. Ezen belül a német „nyeles kézigránát” és az „L-18 M. (Goldmann-féle) kézigránát” robbantásokra való alkalmazását engedélyezi, míg az ún. „egyesített csapódógyújtós Goldmann-féle kézigránát” ilyen célú felhasználását (a fejnek a nyéltől történő elválásztásának életveszélyessége miatt) szigorúan megtiltja. A kézigránatok töltete 300-330 g „trotyl vagy dynamon” volt. „Hatás tekintetében kb. 5 db kézigránát-fej egy csomagban egyszerre robbantva megfelel 1 kg ekrazit hatásának.”<sup>254</sup> A szükséges kézigránátfejek számát a 10. táblázat szerint kellett meghatározni.

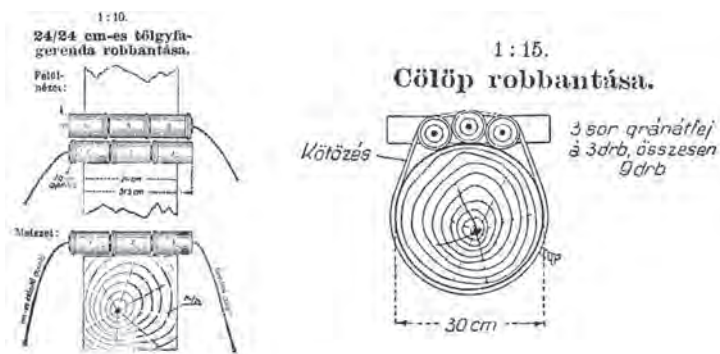
10. táblázat

Fa robbantásához szükséges töltetek<sup>255</sup>

Gerenda	3:4-hez lefaragva: keresztmetszete cm-ben	12/16	14/21	21/28	27/36	
	négyzetes keresztmetszet- tel, azaz a szélessége = vastagságával = cm:	14	17	24	31	
Gömbölyű szálfá (cölöp) átmérője cm-ben		14	17	24	31	
Töltet	ekrazit kg-ban	0.4	0.6	1.2	2.0	le- kerékvé
	kézigránát-fej db szám	2	3	6	10	

A táblázati értékek „egészséges keményfára” vonatkoznak, puha- vagy „öreg megviselt keményfa” esetén a meghatározott töltet felét kellett felhasználni. A szabályzathoz külön kiadott *Ábrafüzet* adott eligazítást a töltetek elkészítésére és felerősítésére (46. és 47. ábrák).

Az 1929-ben megjelent híres „Schmoll-könyv”, a *Haditechnikai ismeretek* I. kötetében a *Műszaki oktatás*ban található módszereket és képleteket adja meg. Újdonság viszont, hogy bár a „fűrt lövésekkel” végrehajtható farobbanást a *Műszaki oktatás* szerint tárgyalja, a fűrt lyukas fadöntésnél a [7]-es képlet szerint számított robbanóanyag-mennyiség tizedét veszi, melyet 2/3 favastagságnyi mélységű furatba helyez.



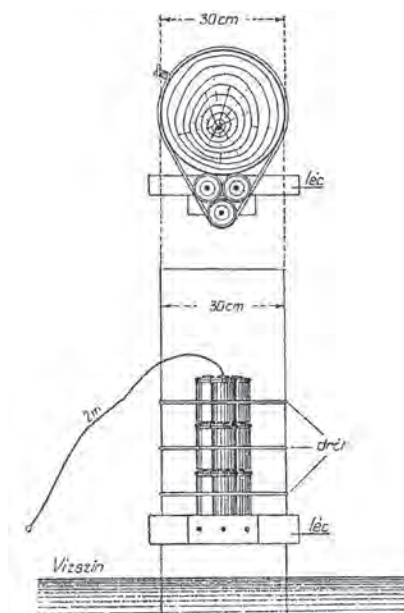
46. ábra

24/24 cm-es tölgyfagerenda és cölöp robbantása<sup>256</sup>

<sup>254</sup> E-32. (Műsz. okt.) *Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára* + *Ábrafüzet*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1926, 138.

<sup>255</sup> *Uo.*, 138.

<sup>256</sup> E-32. (Műsz. okt.) *Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára* + *Ábrafüzet*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1926, 138.



47. ábra

Cölöp robbantása közvetlenül a víz felett<sup>257</sup>

A *Robbantási segédlet* (1950) szerint „élőfát, oszlopot, cölöpöt, harckocsi akasztót és gerendát, rendszerint külső töltettel robbantunk. Fúrt lyukban elhelyezett belső töltetet ritkábban alkalmazunk. A külső töltet nagysága (...) függ a robbanóanyag hatóerejétől, a fa fajtájától és nedvességétől, valamint a robbantandó elem átütendő vastagságától.”<sup>258</sup>

A külső töltet számítása:

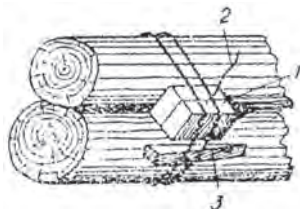
- 40 cm-nél kisebb átmérőjű, közepesen kemény, száraz fa (fenyő, jegenyefenyő) közepes hatóerejű robbanóanyaggal történő robbantása esetén a töltet tömegét (grammokban) az átmérő cm-ekben mért értékének négyzete adja;
- száraz keményfa (tölgy, juhar, bükk, nyír), minden nyers (lábon álló) fa, valamint 40 cm-nél nagyobb átmérőjű fák esetén a fentiek szerint kiszámított robbanóanyag-mennyiség másfél-kétszeresét kell felhasználni;
- alacsony hatóerejű robbanóanyag alkalmazása esetén a számított töltet kétszeres tömegét kell felhasználni.

Ikertartók robbantásánál a vastagabb fa átmérője alapján számított robbanóanyag-mennyiséggel kell végrehajtani a robbantást (48. ábra).

Cölöpköteg, cölöpcsoport robbantásakor a teljes átmérő cm-ben mért értékét 80-nal szorozva a szükséges töltet tömegét kapjuk meg grammokban (49. ábra).

Fából készült, ún. „borona falakat” 25 cm vastagságig egy sor, ennél nagyobb vastagság esetén 2 sor kis szelencéből (200 g-os TNT-prétest) készült nyújtott töltettel kell robbantani.

Gerendák robbantásakor a keresztmetszet minden cm<sup>2</sup>-ére 1 gramm közepes hatóerejű robbanóanyagot kell számítani. A fa keménységét és nedvességét a gömbfák robbantásánál tárgyaltak szerint kell figyelembe venni.



48. ábra

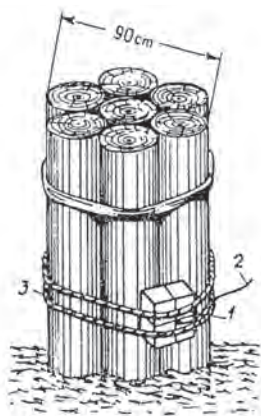
Kettős gömbfátartó robbantása<sup>259</sup>

1: töltet; 2: szerelt gyutacs; 3: ék

<sup>257</sup> Uo.

<sup>258</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 103.

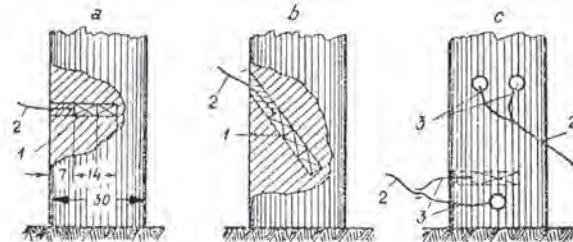
<sup>259</sup> Uo., 86. ábra, 105.



49. ábra

*Cölöpnyaláb robbantása víz fölötti összpontosított töltettel<sup>260</sup>*

A fűrt lyukba helyezett töltet tömege a külső töltéként számított érték 1/10-e, a furat mélysége a favastagság 2/3-a, a furatot pedig a feléig lehet robbanóanyaggal tölteni. Ha a számított töltet ilyen megkötések mellett nem helyezhető be a merőlegesen fűrt lyukba, akkor ferde lyukat vagy egymás mellett több lyukat készítünk – azonban a lyuktávolságra utalás nincs (50. ábra). Az alkalmazott facsigafúró átmérője 38 mm, a 75 g-os TNT-töltény átmérője 30 mm, hossza 70 mm.



50. ábra

*Gömbfa robbantása fűrt lyukba helyezett töltettel<sup>261</sup>*

a: merőlegesen fűrt lyuk; b: ferden fűrt lyuk; c: két fűrt lyuk párhuzamos vagy eltolt merőleges helyzetben; 1: töltet; 2: szerelt gyutacs; 3: durranó gyújtózsín

Megemlítenéd, hogy a *Robbantási segédlet az Élőfák kidöntése és útzáró torlaszok létesítése robbantással* című fejezetében<sup>262</sup> (108–110. oldalak) kiváló munkaszervezést ismertet a jelzett munkára, mely tökéletesen beilleszthető lenne védelmi alapelveinkből fakadó műszaki támogatási feladataink közé (7. melléklet).

Az ugyancsak 1950-ben megjelent *Ideiglenes robbantási utasítás (E.-mű.1.)* a *Robbantási segédlet*ben meghatározott módszereket és szabályokat tartalmazza. Az egyedüli változás, hogy a töltet meghatározásánál külön kitér a nyárfa robbantására, melynél a számított értéket 20%-kal csökkenteni rendeli. Kimaradt viszont a fent említett munkaszervezés torlaszok létesítése esetén.

A *Mű/2. Robbantási utasítás* (1965) szerint „a fa szerkezeti elemek (...) külső vagy belső töltetekkel robbanthatók”<sup>263</sup>.

Gömbfa robbantása szabadon felfektetett külső töltettel:

a) 30 cm-es faátmérőig:

$$C = K \times D^2 \quad [8]$$

b) 30 cm faátmérő felett:

$$C = K \times D^3/25 \quad [9]$$

C: a közepes hatóerejű robbanóanyag tömege grammokban;

D: a gömbfa átmérője cm-ben;

K: a faanyag fajtájától – szilárdságától és nedvességétől – függő tényező (11. táblázat).

<sup>260</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 87. sz. ábra, 105.

<sup>261</sup> *Uo.*, 90. sz. ábra, 107.

<sup>262</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 108–110.

<sup>263</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965, 109.

11. táblázat  
A K tényező értékei<sup>264</sup>

A faanyag fajtája	A fa állapota	
	Száraz	Frissen vágott, nedves és gyökeres
Gyenge fafajták (rezgőnyárfa)	0,80	1,00
Közepes szilárdságú fafajták (erdei fenyő, lucfenyő)	1,00	1,25
Erős fafajták (tölgy, juhar, bükk, kőris, nyír)	1,80	2,00

Alacsony hatóerejű robbanóanyag alkalmazása esetén a számított töltet tömegét 1,5-tel, magas hatóerejű robbanóanyag esetén pedig 0,75-tel kell megszorozni.

A gömbfák robbanthatók plasztikus robbanóanyagból készült gyűrűs töltetekkel is, melyek egész területükön körülfogják a fát. Ebben az esetben a számított töltet tömegét 1/3-ával kell csökkenteni.

Fúrt lyukas robbantás esetén a számított töltet tömege 1/10-ére csökkenthető, elhelyezése megegyezik az 1950-es *Robbantási segédlet*ben tárgyaltakéval.

Gerenda robbantása szabadon felfektetett külső töltettel:

$$C = K \times F \times h/25 \quad [10]$$

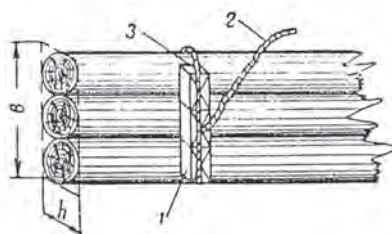
C és K: ugyanaz, mint a [9]-es képletben;

F: a gerenda keresztmetszeti területe cm<sup>2</sup>-ben;

h: a gerenda vastagsága cm-ben (a robbanás hatásának irányában mérve).

A *Mű/2.* külön kitér a kettős T-szelvényű fatartók idom-, illetve összpontosított töltetekkel történő robbantására. Az idomtölteteket az egyes alkotóelemekre külön-külön kell meghatározni a [10]-es képlet alapján. Az összpontosított töltet tömege az idomtöltet tömegének kétszerese, a tölteteket pedig a gerinclemeznek az alsó, illetve felső övvel alkotott sarkaiban kell elhelyezni.

Több egymásra helyezett gömbfa robbantását szintén a [10]-es képlet alapján kell megtervezni a befoglaló méretek alapján (51. ábra).



51. ábra

Egymásra helyezett gömbfák robbantása<sup>265</sup>

1: töltet; 2: szerelt gyutacs; 3: drót vagy kötél

Cölöpköteg robbantásakor a töltet tömegét a [9]-es képlet alapján kell meghatározni, ahol számítási átmérőként a köteg legnagyobb átmérőjét vesszük alapul (a töltet elhelyezése a 49. ábra szerint történik).

A *Mű/213. Robbantási utasítás* (1971) szerint „a faszervezetek elemeit külső töltetekkel robbantjuk”.<sup>266</sup>

Gömbfa robbantása szabadon felfektetett töltettel:

a) 30 cm átmérőig:

$$C = K \times D^2 \quad [11]$$

b) 30 cm átmérő felett:

$$C = K \times D^3/30 \quad [12]$$

C, K, D értékei a [8] és [9]-nél tárgyaltak szerint.

<sup>264</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965, 7. sz. táblázat, 93.

<sup>265</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965, 79. sz. ábra, 115.

<sup>266</sup> *Mű/213. Robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971, 92.



A gömbfák robbantásánál ugyancsak említi a plasztikus robbanóanyagból készült gyűrűs töltetet, de ebben az esetben a töltet tömegét  $1/3$ -ára rendeli csökkenteni (szemben a  $Mű/2$ .  $1/3$ -os csökkentésével).

Gerenda robbantása szabadon felfektetett töltettel:

a) 30 cm vastagságig (h):

$$C = K \times F \quad [13]$$

b) 30 cm vastagság felett:

$$C = K \times F \times h/30 \quad [14]$$

C, K, F és h értékei a [10]-es képletnél tárgyaltak szerint.

Cölöpcsoportok, „T”-szelvényű fatartók és egymásra helyezett gömbfák robbantási szabályai megegyeznek a  $Mű/2$ . utasításban tárgyaltakkal. A  $Mű/213$ . újból ismerteti a két, egymásra helyezett rönk robbantásánál követendő szabályokat, megegyezően a *Robbantási segédlet*ben foglaltakkal.

### 2.1.2. Fa szerkezeti elemek robbantása közbehelyezett összpontosított töltetekkel

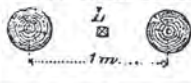

A robbantástechnikában már régóta ismert az a tény, hogy a rombolást nemcsak a robbantandó szerkezet felületére (külső, szabadon felfektetett) vagy abba elkészített különböző furatokban, kamrákban elhelyezett (belső) töltetekkel lehet végrehajtani, hanem a robbanóanyag lökéshullámának erejét kihasználva az objektumtól bizonyos távolságra elhelyezett, ún. közbehelyezett töltetekkel is. Ezek a töltetek minden esetben összpontosított töltetek.<sup>267</sup> Az időtakarékos, viszont robbanóanyag-pazarló és a környezeti hatásokkal egyáltalán nem számoló módszer elsősorban a katonai robbantástechnikában terjedt el, de égő olajkutak lángjának „elfújásához” is alkalmazták, alkalmaznak ilyen tölteteket.

Fa szerkezeti elemek esetében az alacsony- és magasvízi fahidak cölöpaljzatainak, illetve a felépítmény robbantására alkalmazták a közbehelyezett összpontosított tölteteket az alábbi szabályok szerint.

A *Vezérfonal* (1899) a 12. táblázat szerint rögzíti a cölöpök közbe helyezett összpontosított töltettel való rombolását.

12. táblázat

*A gerendák, gerendafalak és gömbölyű fák robbantómódjainak összeállítása II.*<sup>268</sup>

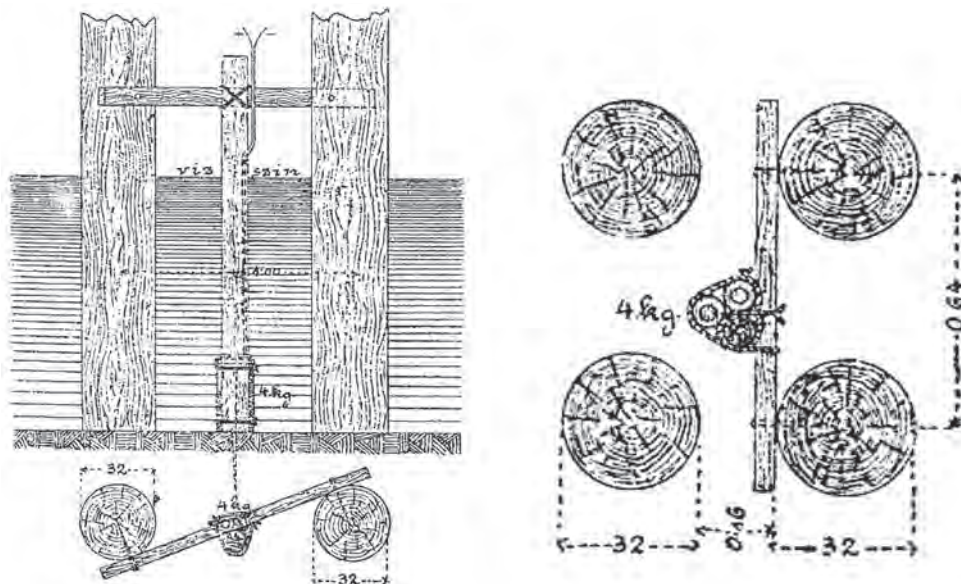
Akna-telepítés	A f a		Magyarozó ábra	A töltet képlete	Magyarozat	A töltet összeállítása és elhelyezése	
	alakja	neme					
II Víz alá süllyesztett töltetek, melyek a robbantandó tárgyat nem érintik gömbölyű fa (cölölpök)	erintők	puha	Mint I. alatt	$L=0,05d^3$	L, grammokban L, cm.-ekben	Mint I. alatt.	
		kemény		$L=0,1d^3$			
	nem érintők	puha				Egy 4 kg.-nyi töltet 30–40 cm. erős cölölpöket képes elrombolni, ha a töltet a cölölpök közepétől tovább mint 50 cm.-re nem áll	A töltet lehető mélyen helyezendő el; minden esetre azonban legalább is oly mélyre, hogy a töltet felső szélé a víz tükre alatt 50 cm.-nyire legyen.
		kemény					
		kemény	az utolsó három ábra szerint		A töltet itt kélszor oly nagy, mint puha fánál		

<sup>267</sup> Alakjuk megközelítőleg kocka, de hosszuk semmiképpen sem haladja meg keresztmetszeti méretük ötszörösét (kivéve a föld- és sziklarobbantásnál alkalmazott hosszú töltetknél, ahol ez az arányszám 30).

<sup>268</sup> *Vezérfonal az utászolgálat oktatásához – fordítás.* Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899, 23. sz. táblázat, II. rész.

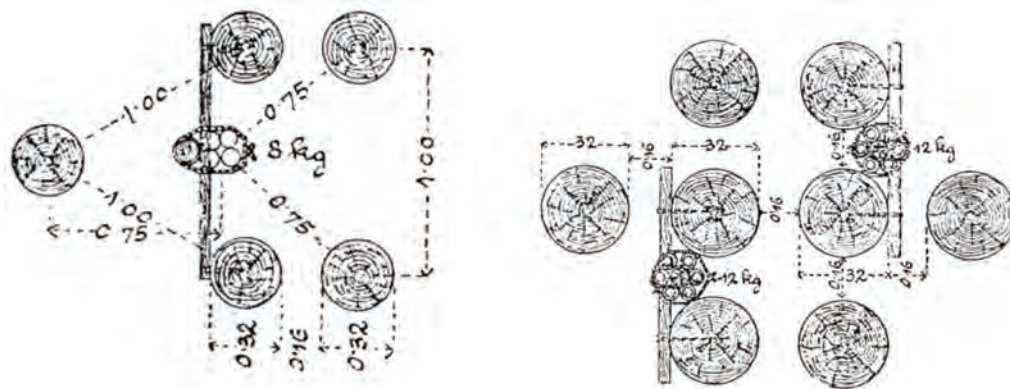
A *Kézikönyv* (1903) szintén konkrét töltöttömegeket határoz meg a „hídjármok” robbantására:<sup>269</sup>

- „egyszerű hídjármnál, melynek cölöpei 1.0 m-re vannak egymástól, két-két pilota robbantására elegendő egy 4,0 kg-os I. osztályú dynamittöltés” (52/a. ábra);
- „kettős jármnál, hol a cölöpsorok szintén csak 1.0 m-re vannak, négy-négy pilota robbantására ugyancsak 4,0 kg-os töltés szükséges, mely mindegyik cölöptől egyenlő távolságban kell hogy legyen” (52/b. ábra);
- „öt cölöpből álló csoport robbantására 8 kg I. osztályú dynamittöltés szükséges” (53/a. ábra);
- „nyolc cölöpből álló csoportnak felrobbantására két 12 kg-os töltés szükséges” (53/b. ábra).



52. ábra

Kettős (a) és négyes (b) cölöpcsoport víz alatti robbantása<sup>270</sup>



53. ábra

Ötös (a) és nyolcas (b) cölöpcsoport víz alatti robbantása<sup>271</sup>

A *Műszaki oktatás* (1928) szerint „egymástól 140 cm távolságra lévő cölöpök 4 kg-os, 180 cm távolságra levők pedig 8 kg-os közbehelyezett (ekrazit)töltettel robbanthatók teljes biztossággal”.<sup>272</sup> „Az olyan cölöpöket, amelyek 180 cm-nél nagyobb távolságra vannak egymástól, csoportokra kell felosztanunk és ezeket külön-külön kell robbantanunk az előbb leírt módon.”<sup>273</sup> A töltetek elhelyezését az 54. ábra szemlélteti.

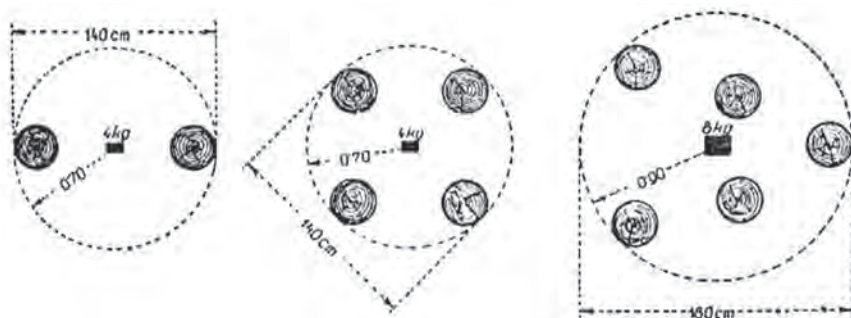
<sup>269</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 258–259.

<sup>270</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 187. és 188. sz. ábrák, 258.

<sup>271</sup> *Uo.*, 190. és 191. sz. ábrák, 259.

<sup>272</sup> E-34. (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 131.

<sup>273</sup> *Uo.*, 132.



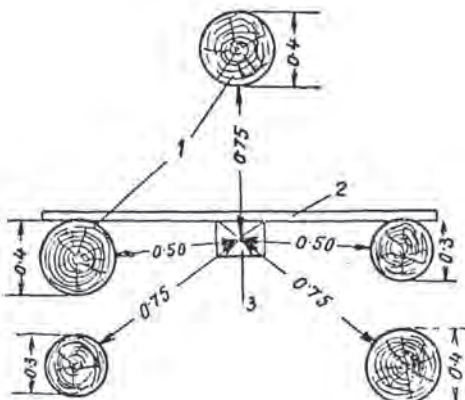
54. ábra

Víz alatt való farobbantás közbe helyezett töltetekkel<sup>274</sup>

Az 1926-ban megjelent *Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára* nem, a Schmoll-féle *Haditechnikai alapismeretek I.* (1929) pedig a *Műszaki oktatásban* foglaltak szerint tárgyalja a közbehelyezett töltetekkel történő robbantást.

Az 1950-ben kiadott *Robbantási segédlet* nem tesz említést közbehelyezett töltetek alkalmazásáról. A példaként bemutatott fahíd rombolási tervében is minden szerkezeti elemet egyenként robbant, a robbantási keresztmetszetekben elhelyezett, szabadon felfektetett töltetekkel.<sup>275</sup>

Az ugyancsak 1950-ben kiadott *Ideiglenes robbantási utasítás* már megemlíti ugyan a víz alatti, közbehelyezett töltetet, de csak egymástól kis távolságra lévő cölöpök esetén javasolja a használatát. Amennyiben a töltet és a cölöp közötti távolság nem nagyobb 0,5 m-nél, úgy 4 kg, max. 0,75 m távolsáig pedig 8 kg közepes hatóerejű robbanóanyag alkalmazását javasolja (55. ábra). Ugyanakkor a fahidak rombolásánál minden egyes cölöpöt külön-külön robbantat fel.



55. ábra

Cölöpcsoport robbantása, cölöpök közé helyezett (közbe helyezett) összpontosított töltettel<sup>276</sup>

1: cölöp; 2: lécs a töltet felerősítéséhez; 3: összpontosított töltet (8 kg TNT)

A *Mű/2. Robbantási utasításban* (1965) találkozunk először a felrobbantandó elemek csoportjának középpontjában elhelyezendő közbehelyezett összpontosított töltet jelenleg is ismert képletével, mely abban az esetben alkalmazható, ha  $r \geq 2 D$ :

$$C = 30 \times K \times D \times r^2 \quad [15]$$

C: a közepes hatóerejű robbanóanyag-töltet tömege kg-ban;

K: értékei a [9]-es képletnél tárgyaltak szerint;

D: a legtávolabbi felrobbantandó elem átmérője (vastagsága) m-ben;

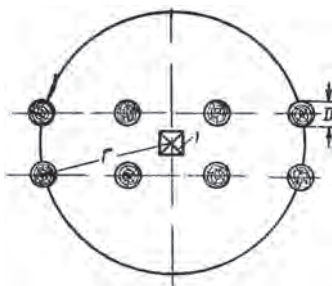
r: a töltet középpontjától a legtávolabbi robbanandó elem tengelyvonaláig terjedő távolság m-ben.

A *Mű/213. Robbantási utasítás* (1971) ugyanezt a képletet adja meg az egymástól különböző távolságra elhelyezett cölöpök (cölöpcsoportok) közbehelyezett töltettel történő rombolásához (56. ábra).

<sup>274</sup> E-34. (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára*, 2. Füzet – *Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 74. sz. ábra, 131.

<sup>275</sup> *Robbantási segédlet.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 121–126.

<sup>276</sup> E-mű.1. *Ideiglenes robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 68. sz. ábra, 139.



56. ábra

Egymástól különböző távolságra elhelyezkedő cölöpök robbantása közbehelyezett töltettel<sup>277</sup>

1: a közbehelyezett töltet; r és D: a képlet szerint

### 2.1.3. Fa szerkezeti elemek víz alatti robbantása

A fa szerkezeti elemek víz alatti robbantását egy külön speciális helyzetként értékelem, ezért tárgyalom külön alpontban, és nem az egyes korok farobbantási szabályaival együtt.

A *Vezérfonal* (1899) a szabadon felfektetett tölteteknél nem tesz különbséget (az alkalmazandó töltetmennyiséget illetően) víz alatt és felett elhelyezett töltetek között (lásd 9. és 10. táblázatok). A közbehelyezett összpontosított töltetek alkalmazását viszont csak „legalább 50 cm mélyen (...) víz alá süllyesztett töltetek” formájában engedi meg (12. táblázat).

A *Kézikönyv* (1903) a közbehelyezett összpontosított tölteteket szintén csak víz alatti töltetként tartja alkalmazhatónak (52. és 53. ábrák). Nagyobb vízsebesség esetén a „hídjármok” cölöpjeinek egyenkénti robbantásához ajánlja a vízfolyás ellenében elhelyezett „szabadon ráhelyezett töltetet”, melynek tömege kisebb lesz, mint az [1]–[4]-es képletek szerint számított mennyiség, „a mi akként magyarázható, hogy a víz szorosan körülzárja a robbanó töltést és fojtásként szerepelve, sokkal nagyobb ellenállást gyakorol, mint szabadon feltett töltéseknél a levegő”.<sup>278</sup>

Példaként említi (mivel a csökkentés viszonyszámára nem tesz utalást), hogy „ily elrendezéssel 30–40 cm átmérőjű keményfa pilotákat egyenként 0.75–1.0 kg-os I-ső osztályú dynamittöltéssel szét lehet robbantani”.

A *Műszaki oktatás* (1928) a közbehelyezett összpontosított töltetek alkalmazását szintén csak víz alatti töltetként tárgyalja (54. ábra). Ugyanakkor a szabadon felfektetett töltetek esetében, ha azokat a víz színe alatt legalább 50 cm-re – de még jobb, ha a fenék talajára –helyezik el, a [6]-os és [7]-es képletek szerint számított ekrazittöltetek tömege a felére csökkenthető.

Az 1926-ban megjelent *Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára* nem engedélyezi a víz alatti töltetek alkalmazását a harcoló (nem műszaki) csapatok számára.

Érdekesség, hogy Schmoll Endre a *Haditechnikai alapismeretek* 1929-ben kiadott I. kötetében csak a közbehelyezett tölteteket említi mint víz alatti farobbantási módot (a *Műszaki oktatás*ban foglaltak szerint), míg az 1933-ban kiadott III. kötetben már a *Műszaki oktatás* által említett teljes ismeretanyagot közli.

A *Robbantási segédlet* (1950) a cölöpök víz alatti robbantása esetén a számított szabadon felfektetett töltetek tömegének felét határozza meg, viszont az alfejezetben nem található említés a töltet víz alatti elhelyezésének mértékéről. Csak a *Segédlet* figyelmes tanulmányozása után (11 oldallal később) derül ki, hogy a fahidak rombolását tárgyaló alfejezetben „elrejtve” utal a töltetnek fél méterrel a víz felszíne alá történő elhelyezésére.<sup>279</sup>

Az *Ideiglenes robbantási utasítás* (1950) 124. pontjában a víz alatti szabadon felfektetett töltetek tömegét a felszínen elhelyezettének felében határozza meg, de a víz alá süllyesztés mértékére itt sem történik utalás. Ugyancsak „elfelejt” erről a fontos adatról említést tenni a 125. pontban, ahol a közbehelyezett töltet (mint csak víz alatt elhelyezhető) tárgyalja. Végül két alfejezettel később, a fahidak rombolásánál olvasható a 130. pontban, hogy „a cölöpöket szabály szerint legalább 0.5 m mélyen a víz felszíne alatt kell robbantani”.<sup>280</sup>

<sup>277</sup> *Mű/213. Robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971., 61. sz. ábra, 100.

<sup>278</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve.* Pallas Rt., Budapest, 1903., 259.

<sup>279</sup> *Robbantási segédlet.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 115.

<sup>280</sup> *E–mű. I. Ideiglenes robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 143.

A *Mű/2. Robbantási utasítás* (1965) szerint a [9]-es és [10]-es képletekkel meghatározott töltetek tömege a felére csökkenthető, ha a „töltet a felrobbantandó elem kétszeres vastagságával egyenlő, vagy annál nagyobb vízmélységben van elhelyezve” (114. oldal, 143. pont). A közbehelyezett összpontosított töltetek esetén, amennyiben a töltet „vízbe való bemerülési mélysége az /r/ számítási távolság felével egyenlő, vagy annál nagyobb”, a [15]-ös képlet szerint számított érték szintén a felére csökkenthető.<sup>281</sup>

A *Mű/213. Robbantási utasítás* (1971) a *Mű/2*-ben foglaltak szerint tárgyalja a szabadon felfektetett és a közbehelyezett víz alatti összpontosított töltetek témakörét.

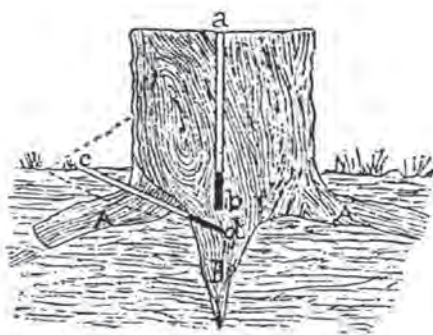
#### 2.1.4. Tuskórobbantás a katonai gyakorlatban

A farobbantás egyik speciális területe a tuskórobbantás, mellyel műszaki támogatási feladatként (pl. erdős-hegyes terepen történő erődítési berendezés során) ugyanúgy találkozhatunk, mint békeidőszakban végzendő robbantási munkánál. Bár a mai korszerű, nagy teljesítményű földmunkagépek sok tekintetben képesek kiváltani a tuskók eltávolításának ezt a módszerét, véleményem szerint egy műszaki katona soha nem felejtheti el azokat a szabályokat, melyek segítségével egy adott helyzetben képes a rendszeresített robbantóanyagai segítségével megbirkózni ezzel a feladattal is.

A *Vezérfonal* (1899) nem tárgyalja a tuskórobbantást, bár az első, dinamittal Saarburgban (Poroszország) végzett kísérletekről 1869-ben a cs. kir. műszaki bizottság részéről éppen egy katona, Trauzl Izidor százados számolt be.

A *Kézikönyv* (1903) viszont annál részletesebben ír a tuskórobbantási kísérletek eredményeiről, közölve többek között a margitszigeti Nagyszálló alapozási munkái során talált nagyméretű tuskók kirobbantásakor a cs. kir. műszaki ezred budai zászlóalja által szerzett tapasztalatokat is, melyeket a 8. számú melléklet táblázata foglal össze.

A *Kézikönyv* szerint a tuskókat felülről a fába fűrt lyukakba töltött dinamittöltetekkel kell felrobbantani. „A lyuk mélysége függ a tuskó átmérőjétől, magasságától, a gyökércsomó fekvésétől és a főgyökerek erősségétől. (...) Általában csak olyan mélyre fúrhatunk, hogy a lyuk fenekének távolsága a földtől a kisakna hosszának 1/5-1/6-a legyen.”<sup>282</sup> Ha „a tengelybe fúrandó kisakna kisebb volna a törzs átmérőjének 1/3-ánál, akkor célszerűbb a tuskót oldalt megfúrni”<sup>283</sup> (57. ábra)



57. ábra

A felszínhez közel elvágott tuskó robbantása<sup>284</sup>

A gyakorlati robbantások összegzett tapasztalatai alapján:

- „jól feltárt fatuskók robbantására annyi gramm II. osztályú dynamitot veszünk töltésül, ahány centiméter a tuskó átmérője; irtott tuskókra 10%-kal kisebb töltés is elégséges;
- fel nem tárt tuskók robbantására kétszer nagyobb töltés szükséges”<sup>285</sup>

Tuskórobbantás végrehajtásához ajánlja a *Kézikönyv* a 13. töltési táblázatot.

<sup>281</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965, 144. pont, 116.

<sup>282</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 290.

<sup>283</sup> *Uo.*, 291.

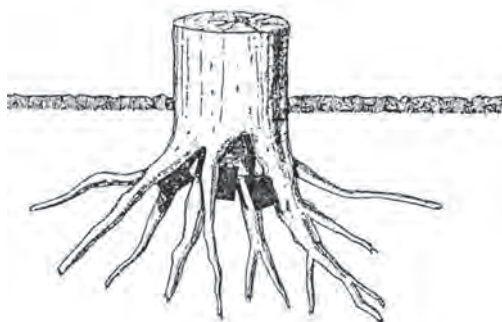
<sup>284</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 211. a. ábra, 291.

<sup>285</sup> *Uo.*, 292.

13. táblázat  
Töltési táblázat tuskórobbantáshoz<sup>286</sup>

A tuskó átmérője	Töltés súlya	A tuskó átmérője	Töltés súlya	J e g y z e t
cm.	dg.	cm.	dg.	
20·0	} 2·2	75·0	13·0	Ezen töltéstáblázat érvényes tölgyfatuskókra, ha II. számú, továbbá luc- és erdei fenyőtuskókra, ha IIB. számú új dynamitot használunk. — A fúrat 25—30 mm-es legyen és a szívgyökérbe vagy gyökércsomóba nyuljon.
22·5		77·5	14·0	
25·0		80·0	15·0	
27·5	2·3	82·5	17·0	
30·0	2·7	85·0	17·0	
32·5	3·2	87·5	18·0	
35·0	3·7	90·0	19·0	
37·5	4·2	92·5	20·0	
40·0	4·8	95·0	21·0	
42·5	5·4	97·5	22·0	
45·0	5·7	100	23·5	
47·5	5·9	105	24·0	
50·0	6·0	110	25·5	
52·5	6·5	115	28·0	
55·0	7·0	120	28·5	
57·5	8·0	125	30·5	
60·0	8·5	130	33·0	
62·5	9·0	135	33·5	
65·0	10·0	140	34·0	
67·5	11·0	145	36·0	
70·0	11·5	150	39·0	
72·5	12·0	160	43·5	

A *Műszaki oktatás* (1928) szerint „fatönköket, fatuskókat és élőfákat úgy is robbanthatunk, hogy a töltetet a főgyökér alá helyezzük és erősen lefojtjuk”<sup>287</sup> (58. ábra). A töltetek nagyságát próbarobbantással kell meghatározni. Tuskók esetében az alkalmazandó töltet tömege 1/5-1/8 része, élőfa esetében pedig 1/4-e a szabadon felfektetett töltetének, melyet a [6]-os és [7]-es képletekkel határozhatunk meg.



58. ábra

Tuskórobbantás a főgyökér alá helyezett töltetekkel<sup>288</sup>

<sup>286</sup> Uo.

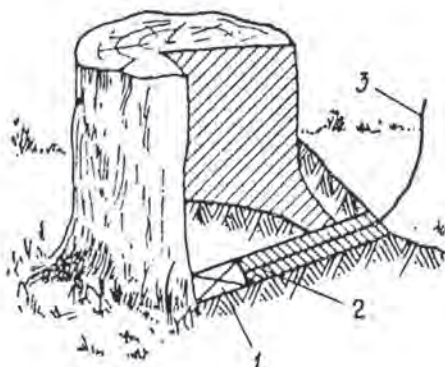
<sup>287</sup> E-34. (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 176. pont, 135.

<sup>288</sup> E-34. (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928., 79. sz. ábra, 135.

Tuskórobbantásról sem a *Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára*, sem pedig a *Haditechnikai alapismeretek* I. és III. része nem tesz említést.

A *Robbantási segédlet* (1950) szerint „a tönk kirobbantásához szükséges töltet nagysága függ a fa fajtájától, a talajnemtől, a tönk kivágásának idejétől és a fa átmérőjétől”.<sup>289</sup> A „tönk” robbantásához a vágási felületen mért átmérő minden cm-ére 10-20 gramm közepes hatóerejű robbanóanyagot kell számolni, melyet a tönk közepe alatt olyan mélységben kell elhelyezni, hogy a töltet és a tönk alja közötti távolság megegyezzen a mért átmérővel. A töltetet fojtani kell (59. ábra).

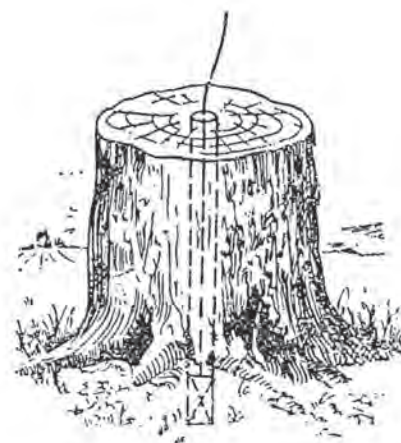
A *Segédlet* szerint utak építése során nem mindig célszerű a tuskó teljes kirobbantása (a keletkező tölcsért újból be kell tömni). Ilyen esetben elégséges a tuskó talaj feletti részének szétrobbantása, a fába függőlegesen fűrt lyukba töltött robbanóanyag segítségével. A furat mélységének 10-15 cm-rel a föld felszíne alá kell érnie. A tuskó 40 cm-es átmérőjéig 1 db, efeletti átmérő esetén 1,5-2 db 75 grammos robbanótöltényt kell (közepesen kemény fafajta esetén) a furatba tenni, a fennmaradó részt pedig homokos agyaggal kell fojtani (60. ábra).



59. ábra

*Fatönk kirobbantása*<sup>290</sup>

1: töltet; 2: fojtás; 3: szerelt gyutacs



60. ábra

*Fatönk darabolása fűrt lyukban elhelyezett töltettel*<sup>291</sup>

Az *E.-mű. I. Ideiglenes robbantási utasítás* (1950) a *Robbantási segédlet*ben foglaltaknak megfelelően tárgyalja a tuskók („tönkök”) kirobbantását. Az egyedüli változás e robbantási módnál az, hogy kitételként megszabja: a lyukat legfeljebb hosszának egyharmadáig töltjük meg; ha a töltet egy lyukba nem fér bele, akkor 2 lyukat kell készíteni, és azokat egy tűzben kell robbantani.<sup>292</sup>

<sup>289</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950., 110.

<sup>290</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 92. sz. ábra, 110.

<sup>291</sup> *Uo.*, 93. sz. ábra, 111.

<sup>292</sup> *E.-mű. I. Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 126. pont, 140.

A fatönkök széthasogatásánál viszont már változás tapasztalható. Az *E.–mű.I.* két módszert közöl:

1. 80 g-os töltetek helyezhetők el „a tönk gyökerei vagy vágási felülete felől a tönk nagysága szerint 20–50 cm mélyre fűrt lyukakba”;
2. a tönk átmérőjének minden cm-ére 8 g robbanóanyagot számolunk, ha a töltet részére a gyökerek elágazásainál baltával fészket vágunk; „ilyenkor a töltetet feltétlenül fojtani kell”.<sup>293</sup>

A *Mű/2. Robbantási utasítás* (1965) az *E.–mű.I.*-ben ismertetett módon határozza meg a tuskók kirobantását. Ugyanakkor a tuskók széthasogatásáról egyáltalán nem tesz említést.

A *Mű/213. Robbantási utasítás* (1971) szintén nem foglalkozik a tuskók széthasításával, csak a kirobantásával. Az *E.–mű.I.*-ben foglaltaktól csak annyi az eltérés, hogy az átmérő minden cm-ére 10-15 g közepes hatóerejű robbanóanyag felhasználását határozza meg, melyet a tuskó középpontja alá, az átmérő 1-1,5-szeres mélységére kell elhelyezni.

### 2.1.5. Tuskórobbantás az ipari robbantástechnikában

A tuskórobbantás természetesen az ipari robbantástechnikában is feladatot jelent a szakemberek számára, még akkor is, ha ma már nagy teljesítményű gépek is segítik ezt a munkát. Ennek ellenére – figyelembe véve ezekben a gépekben az üzemóraköltséget – még mindig versenyképes lehet ez az egyszerű módszer. Az alábbiakban nézzük meg, milyen ajánlásokat tesz az *Ipari robbantástechnika* című szakkönyv<sup>294</sup> erre.

Főbb megállapításai:

- a szükséges töltet mennyisége függ a választott technológiától és a robbantás céljától;
- mezőgazdasági újrahatszósítású területeken úgy kell végrehajtani a robbantást, hogy ne maradjanak vissza gyökérmaradványok (a töltet tömegét túl kell méretezni);
- a töltet tömegét a talaj minősége, a tuskó mérete, a fa fajtája és az alkalmazott robbanóanyag brizanciája befolyásolja;
- laza, homokos talajon 60–100%-kal nagyobb robbanóanyag-felhasználással kell számolni, mint köves vagy kötött talajok esetén;
- a robbanóanyag erőssége lényegesen kisebb szerepet játszik a tervezésben, mint a talaj vagy a fa minősége, ezért a töltetszámításnál figyelmen kívül hagyható;
- minél jobban sikerül koncentrálni a töltetet, annál kevesebb robbanóanyagra van szükség;
- figyelembe kell venni a fák kivágásának idejét is: öt évnél régebben kivágott tuskók esetén a számított töltet tömege 15%-kal csökkenthető;
- tuskórobbantásnál elsősorban az olcsó és nagy gáztérfogattal rendelkező robbanóanyagokat javasolja a mű (pl. az ANDO-t), melynek helyszíni keverése esetén még a robbanóanyag szállítási és tárolási költségek is alacsonyabbak (az összetevők külön-külön nem számítanak robbanóanyagoknak).

A tuskó gyökérzete között elhelyezett töltet esetén az alábbi képlet alkalmazását javasolja a szakkönyv:

$$g = q \times d \quad [16]$$

g: a szükséges robbanóanyag töltet tömege (g);

q: a talaj minőségétől és a fa fajtájától függő fajlagos robbanóanyag-szükséglet (g/cm) a 14. számú táblázat szerint;

d: a tuskó átmérője a gyökerek elágazása felett 10 cm-rel mérve (cm).

Ha a robbantótöltetet a tuskó anyagába fűrt lyukba helyezik, akkor a szerzők az alábbi képletet javasolják:

$$g = 0,8 \times q \times d^2 \quad [17]$$

g: a szükséges robbanóanyag-töltet tömege (g/furat);

q: fajlagos robbanóanyag-szükséglet (puhafánál  $q = 0,04 \text{ g/cm}^2$ , kemény fa esetén pedig  $q = 0,05 \text{ g/cm}^2$ );

d: a [16]-os képlet szerint.

Fa robbantása esetén, ha azt külső, „rátett” töltettel hajtják végre, akkor változik a fajlagos robbanóanyag-fogyás értéke: keményfa esetén  $q = 1,25\text{--}1,50 \text{ g/cm}^2$ , egyéb fafajtáknál  $q = 1,0 \text{ g/cm}^2$ .

<sup>293</sup> Uo.

<sup>294</sup> Bohus G. – Horváth Z. – Papp J.: *Ipari robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983, 281–282. alapján.



14. táblázat  
A q tényező értékei<sup>295</sup>

minősége	A fa		Köves, kötött talaj, q	Homokos talaj, q
	gyökérzete	fajtája	g/cm	g/cm
Puha	Laposan szétterülő gyökérzet	Lucfenyő, duglászfenyő, feketefenyő, nyír, hárs, vadgesztenye, jegene	35	60
	Karógyökér, szivgyökér	Erdeifenyő, jegenyefenyő, vörösfenyő, duglászfenyő csak kötött talajon éger, fűz, nyár	50	85
Kemény	Laposan szétterülő gyökérzet	Cser, gyertyán, szil, kóris	60	110
	Karógyökér, szivgyökér	Akác, bükk, juhar, tölgy, platán, dió, szelídgesztenye, gyümölcsfák	80	120

### 2.1.6. Részkövetkeztetések

A fa szerkezeti elemek robbantásának szabályai, a töltetek elhelyezésének módjai gyakorlati tapasztalatok alapján alakultak ki. A külső, szabadon felfektetett töltetekkel történő robbantás végrehajtása lényegében hasonló elvek szerint történik az 1880-as évek végétől napjainkig. A jelenleg alkalmazott számítási eljárásunk annyiban tekinthető pontosabbnak, hogy a fa fajtáját és állapotát nagyobb pontossággal igyekszik figyelembe venni, mint ahogy azt elődei tették. A plasztikus robbanóanyag megjelenésével adottá vált a lehetőség gyűrűs töltet készítésére, mely a töltet mennyiségének csökkentésén túl a nagyobb pontosságú robbantást is lehetővé teszi. A *Mű/2.* és *Mű/213. Robbantási utasítások*ban található eltérés (a töltet tömegének csökkentésében) fordítási hiba, nem pedig új felismerés következménye.

A fa szerkezeti elemek fűrt lyukas robbantási módszere is régóta ismert. A felhasználandó robbanóanyag mennyiségének a szabadon felfektetett töltethez képest történő csökkenésében is lényegében azonos elvek tapasztalhatóak (1903-ban 1/8-a, 1929-ben, 1950-ben és 1964-ben 1/10-e). Sajnálatos, hogy ez a robbantási módszer a *Mű/213.*-ből már kimaradt, bár az 1980-as években rendszeresített *Robbantó felszerelés kombinált gyújtáshoz* elnevezésű készlet részét képezte egy megfelelő átmérőjű csigafúró a töltetfuratok elkészítéséhez.

Fa szerkezetek harchelyzetben történő robbantása esetén nagy jelentőségűek lehetnek a közbehelyezett összpontosított töltetek. Érdekes, hogy ezek alkalmazását sokáig csak víz alatti töltetként tudták elfogadni, és ezt is csak kis távolságban lévő elemek esetén. Feltehetően a robbanás léglökési hullámának nem kellő ismerete akadályozta ilyen sokáig (az 1965-ös *Mű/2.* említi először) a felszíni alkalmazás kimunkálását.

A víz alatti robbantás szabályai sokat változtak az idők során, hiszen az 1899-es *Vezérfonal* még semmilyen megkülönböztetést nem tesz víz alatti és feletti szabadon felfektetett töltet között, a *Mű/213.* (1971) szerint viszont az alkalmazandó robbanóanyag mennyisége akár a felére is csökkenthető víz alatti töltetek esetén. Jelenlegi szabályozásunk javára írható az is, hogy nagyobb pontossággal határozza meg a víz alatti töltet kritériumát (a robbantandó elem vastagságának legalább kétszerese legyen a víz alatti elhelyezés mértéke), mint elődei („legalább 50 cm-re a víz alatt”).

A tuskórobbantást szintén régen alkalmazzuk a katonai robbantástechnikában. A töltetek elhelyezésében és tömegük számításában szintén tapasztalati eredményeket hasznosítottunk. Sajnálatos viszont, hogy az 1950-es *Robbantási segédlet* azon felismerése, mely szerint hadi utak építése során nem célszerű a tuskók talajból való kiemelése (hiszen az így keletkező gödröt be is kell tömni) mára feledésbe ment. Így a tuskók robbantásos hasogatását nem tárgyalja a jelenleg érvényben lévő utasításunk.

### 2.1.7. Javaslatok a farobbantás szabályainak fejlesztésével kapcsolatban

- Szükséges lenne újra bevezetni a fűrt lyukas farobbantás módszerét. A védelmi harc során létesítendő erdei fatorlaszok készítésére sokkal eredményesebben lehetne alkalmazni ezt a módszert, mint

<sup>295</sup> Bohus G. – Horváth Z. – Papp J.: *Ipari robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983, 10.1. táblázat, 281.

a külső, szabadon felfektetett tölteteket. És itt nemcsak a lényegesen kisebb robbanóanyag-felhasználásra gondolok, hanem a töltetek (és ez által az előkészített robbantás) jobb álcázhatóságára, a robbanóanyag és a gyutacs mechanikai behatásokkal szembeni védettségére. Joggal vetődhetnek fel természetesen környezetvédelmi kérdések, nevezetesen hogy mi lesz a fákkal abban az esetben, ha nem kerülne sor a robbantásra? Ezzel kapcsolatban hadd idézzem a *Kézikönyvet* (1903), mely az erdőgazdasági farobbantással foglalkozó alfejezetében az alábbiakat írja: „A fűrtlyukas fadóntés módszerével gyakran nagyobb területű erdőt meg lehet kímélni várak közelében, mert ha már az egyes fákat meg is fűrták, az utolsó pillanatig lehet várni a letarolással. Valószínű ugyanis, hogy a robbantás végett megfűrt fák nem pusztulnak el, amennyiben az élő fák sérülései könnyen beforradnak, ha az egészséges részig körülvágják, és tele itatják kátránnyal.”<sup>296</sup>

- Ugyanezzel függ össze az a javaslatom, hogy újra el kellene helyezni a *Robbantási utasításban* egy olyan munkaszervezést, mely megkönnyíthetné a részlegvezető munkáját fatorlaszok létesítésének előkészítése során (például a 7. mellékletben közölt minta alapján).
- Szükséges lenne feleleveníteni a tuskók robbantásos hasogatásának módszerét mint a hadiutak építésénél eredményesen alkalmazható eljárást.
- Saját robbantási gyakorlatomból két módszer alkalmazását javaslom, melyeket az 1986-ban, a Kossuth Lajos Katonai Főiskolán kiadott *Tankönyv a műszaki hallgatók harcbiztosítói felkészítéséhez*<sup>297</sup> általam írt I. fejezete alapján mutatok be:

1. A farobbantáshoz alkalmazott gyűrűs töltet célszerű elhelyezése úgy történik, hogy a fába a robbantandó keresztmetszetnél körkörös szegeket verünk, egymástól 5-8 cm távolságra. Ezután ezekhez a szegekhez, melyek feje kb. 3-4 cm-re áll ki a fából, hozzáerősítjük az 1-2 mm átmérőjű drótot, és a drót köré gyurmázzuk a robbanóanyagot, egyenletes vastagságban elosztva az egész kerületen. A gyutacs elhelyezésének tervezett helyén kissé vastagítsuk meg a töltetet a könnyebb szerelés érdekében.



61. ábra

Gyűrűs töltet készítése plasztikus robbanóanyagból<sup>298</sup>

<sup>296</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 281.

<sup>297</sup> *Tankönyv a műszaki hallgatók harcbiztosítói felkészítéséhez*. 2. könyv, I. rész, I. fejezet. Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1985, 103.

<sup>298</sup> Fotó: Lukács László.

2. A második módszer a tuskók robbantáshoz való előkészítésére vonatkozik, és felejthetetlen emlékű főiskolai robbantástanárom, néhai Hegyi Ferenc (akkor már nyugállományú) őrnagytól tanultam, aki eredményesen alkalmazta a Budapest körüli légvédelmi rakétarendszer kiépítése során. A műhelyben készítettetni kell 40-50 mm átmérőjű gömbvasból kb. 1,5-1,6 m hosszú, egyik végén kihegyezett rudat. Ezzel a rúddal megfelelő súlyú kalapács segítségével ki lehet alakítani (ferdén a fa alá verni) a megfelelő hosszúságú töltővájatot. Ennek a töltővájatnak az aljára kell elhelyezni a villamos gyutaccsal szerelt, 75 g-os TNT-préstestet vagy 100 g-os PAXIT-töltényt, amelyet fojtás nélkül felrobbantunk. A robbantás következtében egy kamra alakul ki a töltetvájat alján, melybe 30 perc szellőzési (hűlési) idő letelte után már behelyezhető és lefojtható a számított robbanóanyag-mennyiség.<sup>299</sup>
- Az elmúlt időszakban megjelentek az építési gyakorlatban a ragasztott faprovizóriumok, melyek robbantási lehetőségeit, szilárdsági értékeit meg kell határozni egy új robbantási utasításban.

## 2.2. Fém szerkezeti elemek robbantása

### 2.2.1. Acéllemezek és -tartók robbantása

A *Vezérfonal* (1899) szerint a vaslemezek robbantásához szükséges töltet tömegét az alábbi képlettel állapíthatjuk meg:

$$L = 0,01 \times b \times d^2 \quad [18]$$

- L: az ekrazit töltet tömege kg-ban;  
b: a robbantandó lemez szélessége cm-ben;  
d: a robbantandó lemez vastagsága cm-ben.

A képlethez csatlakozó kitétel szerint 'b' értéke 15 cm-nél kisebb nem lehet; amennyiben ez mégis előfordulna, úgy számítási értéként 15 cm-t kell venni. A töltetmennyiség könnyebb meghatározása céljából a *Vezérfonal* egy táblázatot is közöl, mely a lemez vastagsága (0,8-tól 5,0 cm-ig) és szélessége (15 és 60 cm között) alapján határozza meg a robbantáshoz szükséges robbanóanyag tömegét kilogrammban.

Vasszerkezetek esetén minden alkotóelem külön lemezként számítandó, majd az egyes töltetek tömege összegzésre kerül.

A „szerkezetrészes egyes elemeihez akként kell a tölteteket fektetni, hogy – a robbantásra nézve mérvadó irányban – a szerkezetrészes egy ugyanazon harántmetszetében töltetek egymással szemben ne legyenek. Ellenkező esetben, a hatások egymást kölcsönösen gyengítvén, a szerkezetrészes áttörése meggátoltatik.”<sup>300</sup> Ezt az elvet követjük azóta is. A robbanás energiája nyírási igénybevételnek teszi ki a tartót az adott keresztmetszetben, a fémszerkezetek pedig erre az igénybevételre a legsebezhetőbbek (a húzást és nyomást sokkal nagyobb mértékben képesek elviselni).

A *Kézikönyv* (1903) szerint a vasszerkezetek rombolása „a robbantó gyakorlatban szabadon feltett töltésekkel történik”.<sup>301</sup>

Vaslemezek robbantásához az alábbiak szerint kell a töltet tömegét meghatározni:

$$T = \gamma \times s \times v^2 \quad [19]$$

- T: a „dynamit töltés” kg-ban;  
γ: a „vaslemez mineműségétől” függő együttható;  
s: a lemez szélessége cm-ben;  
v: a lemez vastagsága cm-ben.

Külön kitételként itt is megjelenik, hogy ha 's' kisebb 15 cm-nél, akkor is ezt az értéket kell a képletbe behelyettesíteni.

A „cs. és kir. katonai műszaki bizottság” (többek között a bécsi szabadalmazott robbantó-technikai iroda által az 1878.évi párizsi világkiállításon bemutatott kísérleti eredmények alapján, melyek a *Kézikönyv* 162. oldalán található) a γ együttható értékét az alábbiakban határozta meg:

- „kovácsolt tömör, illetőleg vékony lemezekből egybe szegecselt vaslemezekre (...) hol a szegecselés távolsága meghaladja a 15 cm-t”, γ = 0,0063;

<sup>299</sup> *Tankönyv a műszaki hallgatók harcbiztosítói felkészítéséhez*. 2. könyv, I. rész, I. fejezet. Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1985, 111.

<sup>300</sup> *Vezérfonal az utászolgálat oktatásához – fordítás*. Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899, 196.

<sup>301</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 261.

15. táblázat

Táblázat a vaselemek robbantására való harcszerű töltetek megállapításához<sup>302</sup>

Egyes lemezek töltete mint p. o. valamely heveder álló-lemeze, az

$$L = 0.01 \times b \times d^2 \text{ képlet szerint számítandó.}$$

E képletben L az ékzattöltet nagyságát kgr.-okban,

$$b \left\{ \begin{array}{l} \text{a robbantandó lemez} \\ \text{szélességét} \end{array} \right\} \text{ cm.-ekben jelzi.}$$

$$d \left\{ \begin{array}{l} \text{a robbantandó lemez} \\ \text{vastagságát} \end{array} \right\} \text{ cm.-ekben jelzi.}$$

E képlet azonban csak akkor érvényes, ha b nem kisebb mint 15 cm., tehát ha e méretnél keskenyebb lemezek voln. nak robbantandók, akkor a fenti képletben h=15 cm.-nek veendő.

Ha a lemez vastagsága d = (cm.-ekben)	és a lemez szélessége b = (cm.-ekben)									
	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
	akkor a töltet nagysága kgr.-okban									
0.8	0.10	0.13	0.16	0.19	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35	0.38
0.9	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.37	0.41	0.45	0.49
1.0	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
1.1	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.55	0.61	0.67	0.73
1.2	0.22	0.29	0.36	0.43	0.50	0.58	0.65	0.72	0.79	0.86
1.3	0.26	0.34	0.42	0.51	0.59	0.68	0.76	0.85	0.93	1.01
1.4	0.30	0.39	0.49	0.59	0.69	0.78	0.88	0.98	1.08	1.18
1.5	0.34	0.45	0.57	0.68	0.79	0.90	1.02	1.13	1.24	1.35
2.0	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40
2.5	0.94	1.25	1.56	1.88	2.19	2.50	2.81	3.13	3.44	3.75
3.0	1.35	1.80	2.25	2.70	3.15	3.60	4.05	4.50	4.95	5.40
3.5	1.84	2.45	3.06	3.68	4.29	4.90	5.51	6.13	6.74	7.35
4.0	2.40	3.20	4.00	4.80	5.60	6.40	7.20	8.00	8.80	9.60
4.5	3.04	4.05	5.06	6.08	7.09	8.10	9.11	10.13	11.14	12.15
5.0	3.75	5.00	6.25	7.50	8.75	10.00	11.25	12.50	13.75	15.00

- „öntött vaslemezre, valamint szegecselt kovácsolt lemezre, hol a szegecselés távolsága kisebb 15 cm.-nél”,  $\gamma = 0,0032$ .

„Kazánlemezről és öntött acélból készített szerkezeti részek robbantására kétszer nagyobb töltések szükségesek, mint kovácsolt vasból valókra.”<sup>303</sup>

A vaslemez robbantásához itt is egy táblázat könnyíti meg a töltetmennyiség meghatározását (kg-ban), a lemezvastagság (0,8-tól 10 cm-ig) és -szélesség (15-től 140 cm-ig) alapján.

<sup>302</sup> Vezérforral az utászszolgálat oktatásához – fordítás. Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899, 24. sz. táblázat.

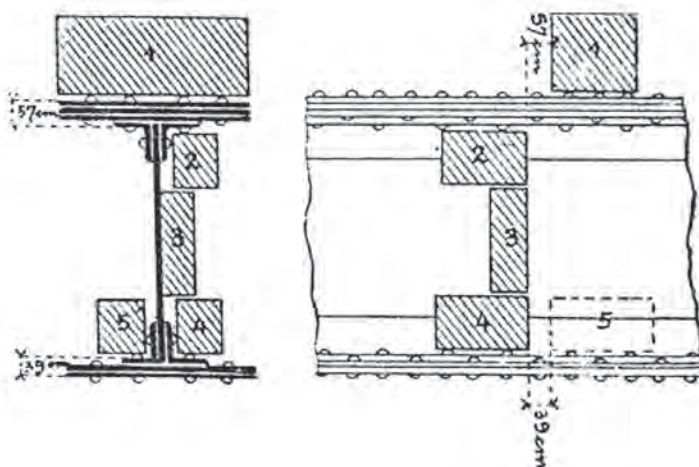
<sup>303</sup> Uo., 262.

Érdekes a *Kézikönyv* alábbi megjegyzése: „Hadászati robbantásoknál, egyrészt a föltétlen siker okáért, rendszeren a számítottnál nagyobb töltésekkel dolgoznak, másrészt pedig, mert a töltényekből vagy szelencék-ből egybevetett töltés kocka- vagy hengeralakjának méretei nem adódnak ki a képlet szerint meghatározott mennyiségből.”<sup>304</sup> A számított töltet tömegének felfelé kerekítését és annak préstest-darabszámában történő kifejezését, továbbá a szerkezet robbantáshoz történő szereléséhez, a töltetfolytonosság biztosításához szükséges kiegészítő préstestek felhasználását a mai napig alkalmazzuk.

A vasszerkezetek robbantására a következő ajánlásokat teszi a *Kézikönyv*:

- a „robbantó töltéseket akként kell elhelyezni, hogy az illető szerkezeti részt szorosan érintsék s elmozdíthatatlanul hozzá legyenek kötve”;
- „egy és ugyanazon keresztmetszetben nem szabad két töltést egymással szemben alkalmazni, mert hatásuk egymást kölcsönösen lerontván, a szerkezeti részt nem fogják áttörni; ilyenkor a töltéseket a szerkezeti rész vastagságával egymástól el kell tolni” (lásd a 62. ábrát);
- „lemezpárok robbantásánál (...) ha a lemezek közé robbantó töltést elhelyezni nem lehet, akkor a lemezpárt egységes lemeznek tekinthetjük, melynek vastagsága a két lemezéből és a közből adódik.”<sup>305</sup>

Megjegyzendő, hogy a *Kézikönyv* a különféle vasszerkezeti elemek robbantásának megtervezését és a töltetek felerősítésének módját egy nagyon pontos és a gyakorlati végrehajtást is részletező példán keresztül szemlélteti, mely követendő lenne egy mai robbantási utasítás számára is.<sup>306</sup> Ezt példaként bemutatjuk a 9. mellékletben.



62. ábra

„Egy és ugyanazon keresztmetszetben elhelyezendő töltések”<sup>307</sup>

A *Műszaki oktatás* (1928) szerint „vasat mindig szabadon fekvő töltetekkel robbantunk”.<sup>308</sup> A vasrobbantás megtervezéséhez két módszert ajánl:

1. Számítással, mely szerint

$$T = 10 \times sz \times v^2 \quad [20]$$

T: az ekrazit töltet tömege g-ban;

sz: a keresztmetszetben előforduló legnagyobb szélesség cm-ben;

v: a keresztmetszetben előforduló legnagyobb vastagság cm-ben.

A képletnél – ugyanúgy, mint a *Vezérfonal* és a *Kézikönyv* esetében – kikötés, hogy 'sz' számítási értéke 15 cm-nél kisebb nem lehet.

<sup>304</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 263.

<sup>305</sup> *Uo.*, 263–264.

<sup>306</sup> *Uo.*, 264–267.

<sup>307</sup> *Uo.*, 194. ábra, 263.

<sup>308</sup> E-34. (*Műsz. okt. műsz.*) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára*, 2. Füzet – *Robbantások. I. rész*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 178. pont, 137.

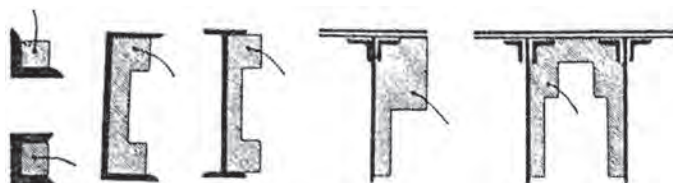
## 2. Táblázat alapján „fejből” (16. táblázat).

16. táblázat  
Vasrobbantás számítása „fejből”<sup>309</sup>

Ha a keresztmetszet legnagyobb vastagsága		
$v < 5$ cm	$v = 5$ cm	$v = 6$ cm
akkor 20 cm vasszélesség robbantásához		
$v - 1$	$v$	$v + 1$
kg okrazit szükséges		
vagy: az egész vasszélesség robbantásához		
$v - 1$	$v$	$v + 1$
sor szelence szükséges.		

A vasrobbantás tervezésénél a további (alapvetően ma is alkalmazott) rendelkezések voltak érvényesek:

- „a [20] képlettel számított töltet megfelel akkor is, ha a töltet nem fekszik közvetlenül a vason (szögecsék stb.)”;<sup>310</sup>
- a [20]-as képlettel számított töltet 1/3-ával csökkenthető, „ha a töltet csak szelencéből áll, és közvetlenül fekszik a vasra”;<sup>311</sup>
- „ha a keresztmetszetben hézag van, azt – hacsak a töltet nem helyezhető bele – mindig az átrobbandó vastagsághoz kell számítanunk”;<sup>312</sup>
- „vaslemezek teljes átütését akkor érjük el, ha a töltet az egész keresztmetszetet fedi”;<sup>313</sup>
- összetett tartók robbantásakor „a kiszámított töltetet az egész keresztmetszeten úgy osszuk el, hogy azt teljesen fedje és pedig úgy, hogy a töltet legnagyobb része a keresztmetszet legvastagabb részének közelébe kerüljön” (63. ábra);<sup>314</sup>
- „a keresztmetszet mindkét oldalán szerelendő tölteteket ne helyezzük el egymással szemben, hanem a lemez vastagságával toljuk el” (64. ábra);<sup>315</sup>
- „ha a tölteteket gyorsan kell szerelnünk, és nem tudjuk kellő gonddal a robbantandó tárgyhoz erősíteni és lefojtani, (...) a [20] képlettel számított töltetet 1 1/2-szeresére növeljük” (65. ábra).<sup>316</sup>



63. ábra

Összetett tartók robbantása<sup>317</sup>

<sup>309</sup> Uo., 182. pont, 138.

<sup>310</sup> Uo., 183. pont, 139.

<sup>311</sup> Uo., 184. pont.

<sup>312</sup> Uo., 186. pont.

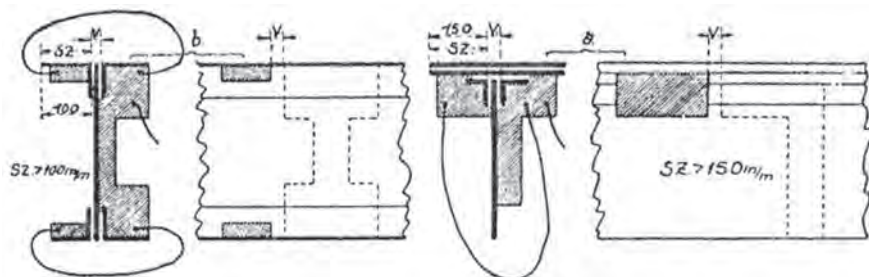
<sup>313</sup> Uo., 189. pont.

<sup>314</sup> Uo., 193. pont, 139.

<sup>315</sup> Uo., 204. pont.

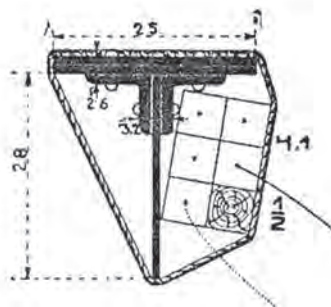
<sup>316</sup> Uo., 207. pont.

<sup>317</sup> Uo., 86. sz. ábra, 144.



64. ábra

*Az egy keresztmetszetben ható töltetek eltolása*<sup>318</sup>



65. ábra

*Vasszerkezet robbantása összpontosított töltettel*<sup>319</sup>

A robbantás tervezését kétféle segédeszköz is megkönnyítette: egy töltettáblázat (1 és 10 cm közötti lemezvastagság és 15–100 cm közötti szélesség esetén; lásd 17. táblázat), valamint egy nomogramm (66. ábra).

<sup>318</sup> Uo., 88 a. és b. sz. ábrák, 145.

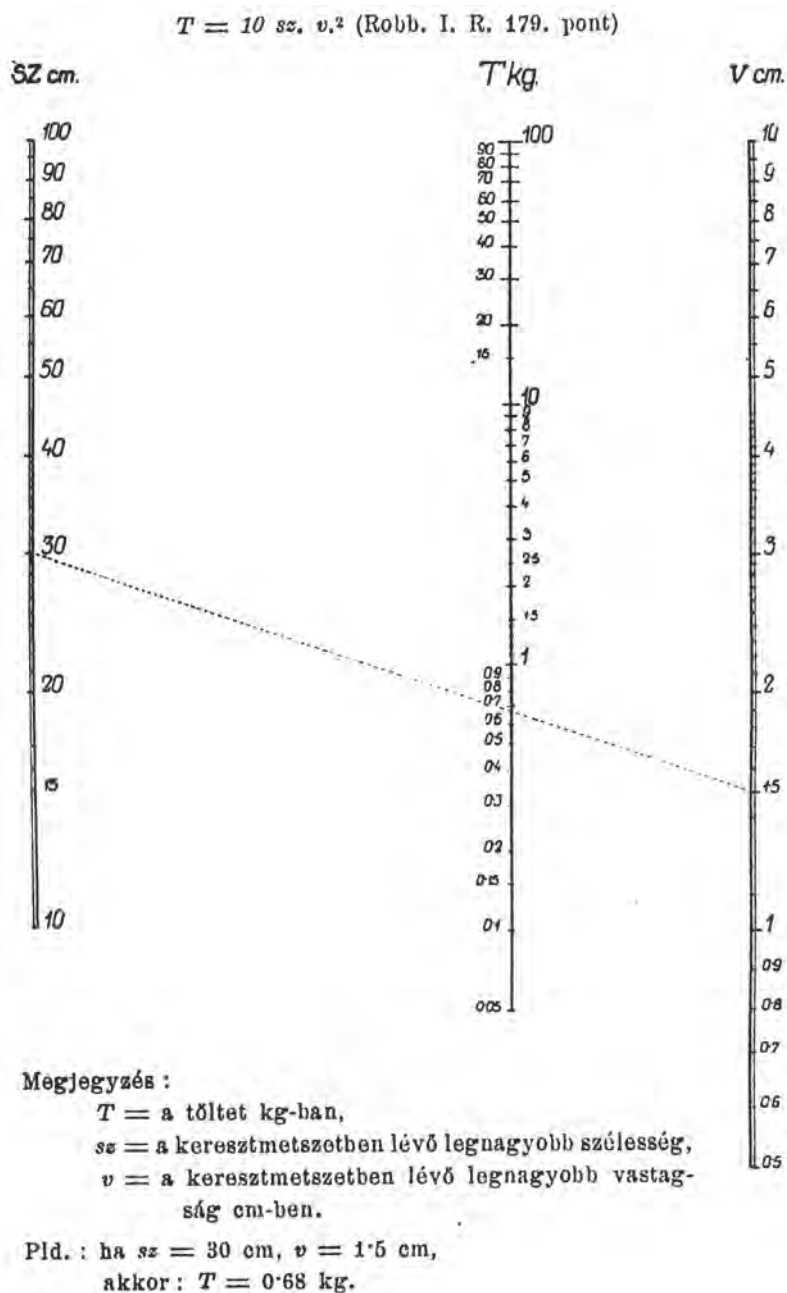
<sup>319</sup> Uo., 103. ábra, 160.

17. táblázat  
Töltéttáblázat vasrobbantáshoz<sup>320</sup>

v cm-ben	sz cm-ben								sz cm-ben.									
	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	T kg-ban								T kg-ban.									
1.0	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
1.1	0.1	0.21	0.30	0.36	0.42	0.48	0.55	0.61	0.67	0.73	0.79	0.85	0.91	0.97	1.03	1.09	1.15	1.21
1.2	0.22	0.29	0.36	0.43	0.50	0.58	0.65	0.72	0.79	0.86	0.94	1.01	1.08	1.15	1.22	1.30	1.37	1.44
1.3	0.26	0.34	0.42	0.51	0.59	0.68	0.76	0.85	0.93	1.01	1.10	1.18	1.27	1.35	1.43	1.52	1.61	1.69
1.4	0.30	0.39	0.49	0.59	0.69	0.78	0.88	0.98	1.08	1.18	1.27	1.37	1.47	1.57	1.67	1.76	1.86	1.96
1.5	0.34	0.45	0.57	0.68	0.79	0.90	1.02	1.13	1.24	1.35	1.46	1.58	1.69	1.80	1.91	2.03	2.14	2.25
2.0	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20	3.4	3.60	3.80	4.00
2.5	0.94	1.25	1.56	1.88	2.19	2.50	2.81	3.13	3.44	3.75	4.06	4.38	4.69	5.00	5.31	5.63	5.94	6.25
3.0	1.35	1.80	2.25	2.70	3.15	3.60	4.05	4.50	4.95	5.40	5.85	6.30	6.75	7.20	7.65	8.10	8.55	9.00
3.5	1.84	2.45	3.0	3.65	4.29	4.90	5.51	6.13	6.74	7.35	7.96	8.58	9.19	9.80	10.41	11.03	11.64	12.25
4.0	2.40	3.20	4.00	4.80	5.60	6.40	7.20	8.00	8.80	9.60	10.40	11.20	12.00	12.80	13.60	14.40	15.20	16.00
4.5	3.04	4.05	5.06	6.08	7.09	8.10	9.11	10.13	11.14	12.15	13.16	14.18	15.19	16.20	17.21	18.23	19.24	20.25
5.0	3.75	5.00	6.25	7.50	8.75	10.00	11.25	12.50	13.75	15.00	16.25	17.50	18.75	20.00	21.25	22.50	23.75	25.00
5.5	4.54	6.05	7.56	9.08	10.59	12.10	13.61	15.13	16.64	18.15	19.66	21.18	22.69	24.20	25.71	27.23	28.74	30.25
6.0	5.40	7.20	9.00	10.80	12.60	14.40	16.20	18.00	19.80	21.60	23.40	25.20	27.00	28.80	30.60	32.40	34.20	36.00
6.5	6.34	8.45	10.56	12.68	14.79	16.90	19.01	21.13	23.24	25.35	27.46	29.58	31.69	33.80	35.91	38.03	40.14	42.25
7.0	7.35	9.80	12.25	14.70	17.15	19.60	22.05	24.50	26.95	29.40	31.85	34.30	36.75	39.20	41.65	44.10	46.55	49.00
7.5	8.44	11.25	14.06	16.88	19.69	22.50	25.31	28.13	30.94	33.75	36.56	39.38	42.19	45.00	47.81	50.63	53.44	56.25
8.0	9.60	12.80	16.00	19.20	22.40	25.60	28.80	32.00	35.20	38.40	41.60	44.80	48.00	51.20	54.40	57.60	60.80	64.00
8.5	10.84	14.45	18.06	21.68	25.29	28.90	32.51	36.13	39.74	43.35	46.96	50.58	54.19	57.80	61.41	65.03	68.64	72.25
9.0	12.15	16.20	20.25	24.30	28.35	32.40	36.45	40.50	44.55	48.60	52.65	56.70	60.75	64.80	68.85	72.90	76.95	81.00
9.5	13.54	18.05	22.56	27.08	31.59	36.10	40.61	45.13	49.64	54.15	58.66	63.18	67.69	72.20	76.71	81.23	85.74	90.25
10.0	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.00

<sup>320</sup> Uo., I. táblázat, 158–159.





66. ábra

A vasrobbantás nomogramja<sup>321</sup>

Az 1926-ban megjelent *Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára*<sup>322</sup> lényegesen egyszerűbb tervezési módot ajánl, amikor az átütendő keresztmetszetben leméri az „előforduló legnagyobb szélességet /sz/ és (...) vastagságot /v/ cm-ben”, majd egy mellékelt táblázatból kikeresteti az alkalmazandó ekrazittöltet tömegét (kg-ban). A táblázat a fent bemutatott *Műszaki oktatás*-ban található „töltettáblázat” egyszerűsített formája, amennyiben 'v' értékét csak 1,0-tól 5,0 cm-ig tartalmazza (0,5 cm-es ugrásokkal), míg az 'sz' szélesség 15, 20, 30, 40, 50 cm értékeit tünteti fel. Az így megállapított ekrazit mennyiségének megfelelő kéziránátfejek számát aztán egy másik táblázatból lehetett megállapítani (18. táblázat).

<sup>321</sup> E-34. (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára. 2. Füzet – Robbantások. II. rész + Mellékletek.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928–1929, I. nomogramm, 3.

<sup>322</sup> E-32. (Műsz. okt.) *Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára + Ábrafüzet.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1926.

18. táblázat  
 Ekrazit- és kézigránátfej-töltetek egyenértékűsége<sup>323</sup>

Ekrazit	Gránát- fej	Ekrazit	Gránát- fej	Ekrazit	Gránát- fej	Ekrazit	Gránát- fej
kg	drb	kg	drb	kg	drb	kg	drb
0·2	1	2·1	10	5·8	28	9·5	46
0·4	2	2·5	12	6·3	30	9·9	48
0·6	3	2·9	14	6·6	32	10·3	50
0·9	4	3·3	16	7·0	34	10·7	52
1·0	5	3·7	18	7·4	36	11·1	54
1·2	6	4·1	20	7·8	38	11·5	56
1·4	7	4·5	22	8·2	40	12·0	58
1·7	8	5·0	24	8·7	42	12·5	60
1·9	9	5·4	26	9·1	44		

A *Haditechnikai alapismeretek* I. és III. kötetei (1929 és 1933) a *Műszaki oktatásban* foglalt ismereteket mutatják be.

A *Robbantási segédlet* (1950) alapvetően azokat az elveket tartalmazta, melyeket ma is alkalmazunk. Kimondja, hogy „a vasszerkezetek lemezekből és különféle hengerelt anyagokból készülnek (...) ezért robbantásuk az egyes részekre kiszámított és összeadott töltetmennyiséggel történik”.<sup>324</sup>

Az alkalmazandó töltet tömegét a lemezvastagság alapján állapította meg, mely szerint:

- 3 cm-nél vékonyabb lemezeknél annyi sor „kis szelencét” (200 g-os TNT-préstest) kell felhelyezni a szerkezetre, ahány cm annak vastagsága;
- 4 cm vastag lemez robbantásához 5 sor kis szelence szükséges;
- 4 cm-nél vastagabb lemezek esetén a vastagság minden centiméterére egy sor nagy (400 g-os TNT) vagy két sor kis szelencét kell számítani.

További általános szabályként megállapítja:

- „ha az átütendő vas szerkezeti elem két lemezből áll, amelyek között légréteg is van, akkor ezt a közt úgy kell számítani, mintha az is vas volna”;
- ha a szegecselt tartókon a töltet a szegecsfejek miatt nem érintkezik közvetlenül a lemezzel, akkor a „töltet felőli szegecsok fejének magasságát is bele kell számítani az elem átütendő vastagságába”;
- „páncéllemezek robbantásához kétszer akkora töltet szükséges, mint a közönséges vaslemezhez”.<sup>325</sup>

Összetett tartók robbantása esetén a fej-, illetve talplemezeket rögzítő szögvasakat kétféleképpen vehetjük figyelembe:

1. egyrészt szögvaspáronként 2-4 kiegészítő nagy szelencét alkalmazhatunk;
2. másrészt (ha a szögvasak a fej- vagy talplemez nagyobb részét befedik) a szögvasak vastagságát is be kell számítani az átütendő vastagságba.

Az összetett (hengerelt) tartók robbantását egy táblázat is megkönnyítette. Ebben az „I” tartók, „U” vasak és a szögvasak robbantásához szükséges robbanóanyag-töltet tömegét határozza meg (kg-ban), az átütendő szélesség (cm) és robbantandó keresztmetszet (cm<sup>2</sup>) függvényében.

<sup>323</sup> Uo.

<sup>324</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 127.

<sup>325</sup> Uo., 127–128.

19. táblázat

Hengerelt tartók keresztmetszeti területei és a robbantásukhoz szükséges felkerekített robbanóanyag-mennyiség<sup>326</sup>

„I” tartó			„U” vas			Szögvas		
száma (má- fassága cm- ben)	keresztmet- set területe cm <sup>2</sup> -ben	töltet súlya kg-ban	száma (má- fassága cm-ben)	keresztmet- set területe cm <sup>2</sup> -ben	töltet súlya kg-ban	szárának szélessége cm-ben	keresztmet- set területe cm <sup>2</sup> -ben	töltet súlya kg-ban
10	14	0.4	10	13	0.4	7.5	14	0.4
12	17	0.4	12	16	0.4	8	16	0.4
14	22	0.6	14	22	0.6	9	23	0.6
16	27	0.8	16	26	0.6	10	30	0.8
18	30	0.8	18	30	0.8	12	38	1.0
20	40	1.0	20	34	0.8	13	40	1.0
22	47	1.2	22	39	1.0			
24	53	1.4	24	43	1.2			
30	74	1.8	30	56	1.4			
36	91	2.4	36	76	2.0			
40	102	2.6	40	91	2.4			
45	120	3.0						
50	139	3.6						
55	156	4.0						
60	175	4.4						

Megjegyzés: A töltetek súlya egész szelencékre van felkerekítve.

A *Segédlet* hasznos tanácsokat ad a töltetek felerősítésével kapcsolatban (11. ábra). Kiemeli, hogy a tartók egyes részeinek robbantására alkalmazott tölteteket a „tartó mentén arányosan eltolva (nyírásra)” kell elhelyezni, mert ellenkező esetben a tartó részben épen maradhat.<sup>327</sup>

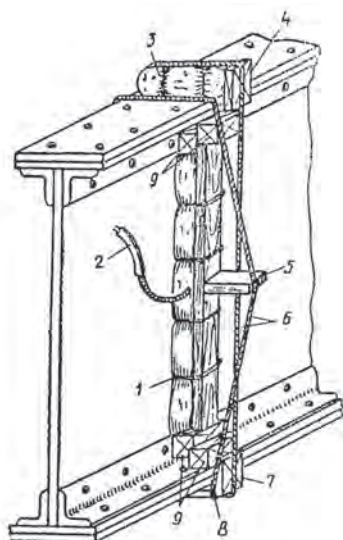
Amennyiben a robbantás előkészítésére rendelkezésre álló idő kevés, a tartók robbanthatók összpontosított töltetekkel is, de „ilyenkor kétszer akkora töltetet számítsunk, mint amekkorát a tartó elemenkénti robbantásához vennénk”.<sup>328</sup>

Az ugyancsak 1950-ben kiadott *Ideiglenes robbantási utasítás*<sup>329</sup> két módszert ajánl a vaslemezek robbantásának megtervezésére:

1. az átütendő keresztmetszet területe szerint, minden cm<sup>2</sup>-ére 25 g közepes hatóerejű robbanóanyagot kell számítani 3 cm lemezvastagságig; e fölött a számítási érték dupláját kell venni;
2. a lemez vastagsága szerinti számításnál a *Segédlet*ben már ismertetett módszert közli.

A kiegészítő rendelkezések ugyancsak megegyeznek a *Segédlet*ben foglaltakkal, akárcsak a 67. ábra a töltetek felerősítésének illusztrálására.

<sup>326</sup> *Uo.*, 5. táblázat, 131.<sup>327</sup> *Uo.*, 131.<sup>328</sup> *Uo.*, 133.<sup>329</sup> *E-mű. I. Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950.



67. ábra

Szegecselt „kettős T” tartó robbantása<sup>330</sup>

- 1: nyújtott töltet a tartó gerinc lemezén; 2: szerelt gyutacs; 3: töltet a fejlemezen; 4 és 7: összekötő szelencék; 5: kidúcolás;  
6: fölerősítés; 8: töltet a talplemezen; 9: nagy szelencék a szögvasak átütésére

A *Mű/2. Robbantási utasítás* (1965) az írja, hogy „az acél szerkezeti elemeket (...) főleg szabadon felfektetett külső töltetekkel robbantjuk, melyek alakjukat tekintve lehetnek nyújtott, összpontosított és idom töltetek”.<sup>331</sup> Kivételes esetben (ha az elemek be vannak erősítve a szerkezet csomópontjaiba) közbehelyezett töltet is alkalmazható.

Az acéllemez robbantására a *Mű/2.* is két módszert ajánl:

1. Számítással – 2 cm lemezvastagságig

$$C = 20 \times F \quad [21]$$

- 2 cm lemezvastagság felett

$$C = 10 \times h \times F \quad [22]$$

C: a közepes hatóerejű robbanótöltet tömege grammokban;

h: az acéllemez számítási vastagsága cm-ben;

F: a lemez keresztmetszeti területe a robbantás síkjában, cm<sup>2</sup>-ben.

2. A lemezvastagság alapján:

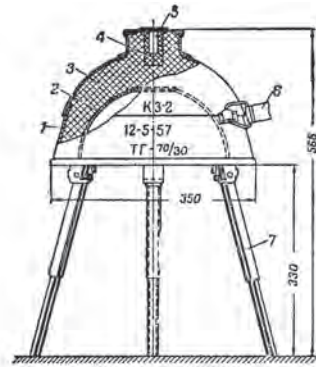
- 2 cm lemezvastagságig cm-ként egy sor kis trotilszelence;
- 2 cm lemezvastagság felett h/2×h sor kis szelence.

Újdonságként jelentkezik a *Mű/2. Robbantási utasítás*ban a kumulatív töltetek alkalmazásának lehetősége, amely lehet gyári töltet vagy saját készítésű. Az orosz 10 kg-os kumulatív töltettel már az *E.-mű.1. Robbantási utasítás* (1950) is foglalkozott, de ennek továbbfejlesztett változatát, a KZ-2-t, illetve a magyar utász kumulatív aknát (UKA) a *Mű/2.* mutatta be részletesen.<sup>332</sup> A harcjárművek ellen rendszerbe állított univerzális kumulatív akna (UKA-63) megjelenése után az utász kumulatív akna megnevezése erődromboló kumulatív akna (EKA-62) névre változott.

<sup>330</sup> *Uo.*, 80. ábra, 158.

<sup>331</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás.* Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965, 146. pont, 117.

<sup>332</sup> *Uo.*, 12. ábra, 25.; valamint 2. sz. táblázat, 26. és 16. ábra, 31.



68. ábra

KZ-2 kumulatív töltet

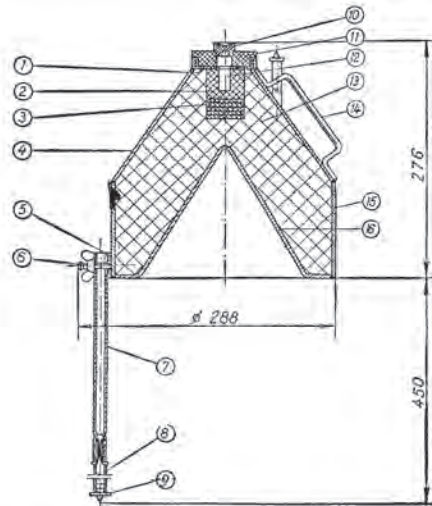
1: fémtest, 2: a kumulatív üreg bélése, 3: robbanótöltet, 4: közbelső detonátor, 5: gyújtófészek, 6: fogantyú, 7: kihúzható lábak

20. táblázat

A KZ-2 kumulatív töltet jellemzői

Jellemzők	A jellemzők számértékei
Teljes súly, kg:	
csomagolással együtt	21,0
csomagolás nélkül	14,7
Robbanóanyag súlya, kg	9,0
Méretetek, mm:	
átmérő	350
magasság	240 (568) <sup>1</sup>
Átütőképesség:	
Páneleinál:	
átütött vastagság, mm	300
átütés átmérője, mm	10—15
vasbetonnál:	
átütött vastagság, mm	1300
átütés átmérője, mm	40—70
kő- és téglarakásnál:	
átütött vastagság, mm	2000
átütés átmérője, mm	80—100

<sup>1</sup> Zárójelben a töltet magasságát tüntetjük fel kihúzott talpaknál.



Utász kumulatív akna (UKA).  
 1 — papíralátét, 2 — detonátor, 3 — papíralátét, 4 — köpös rész, 5 — rögzítő láncok, 6 — csavár, 7 — felül cső, 8 — alsó cső, 9 — szélcső, 10 — oldal csavár, 11 — menetes gyűrű, 12 — granulátum, 13 — gyújtó fejtű, 14 — hordfogyantó, 15 — hengeres rész, 16 — hatékony ág.  
 1 — kötőhenger, 2 — hordhenger.

68. ábra

Utász kumulatív akna (UKA)

## 21. táblázat

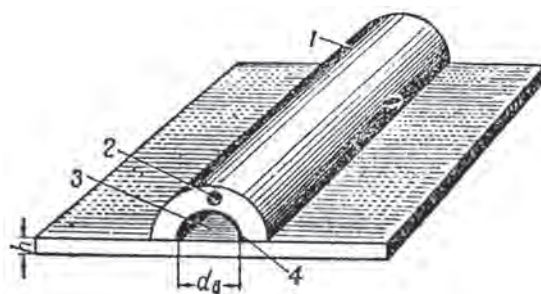
Utász kumulatív akna (UKA) jellemző adatai

**A kumulatív kéziakna legjellemzőbb adatai:**

— a lábcavaroknál mért max. átmérője:	288 mm
— a legkisebb átmérője (fent):	75 mm
— állítható magassága:	450 mm
— a kumulatív üreg átmérője:	200 mm
— a kumulatív üreg magassága:	160 mm
— az öntött robbanóanyag töltet súlya:	8 kg
— az akna láb nélküli magassága:	276 mm
— páncél-átütőképessége:	350 mm

Az utasítás a saját készítésű kumulatív töltetek esetén ismerteti a nyújtott és összpontosított töltetek főbb méreteit és számításuk módszerét:

- Kumulatív nyújtott töltet készítése (70. ábra):



70. ábra

Plasztikus robbanóanyagból készíthető kumulatív nyújtott töltet<sup>333</sup>

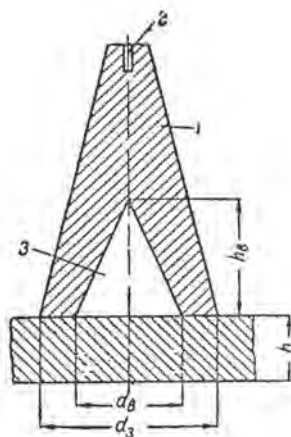
1: plasztikus robbanóanyag; 2: gyújtófészek; 3: kumulatív üreg; 4: bádogg bélys

$$d_g = 1,5 \times h$$

[23]

A töltet tömege a [21]-es és [22]-es képletekkel állapítandó meg, és a felére csökkentendő.

- Kumulatív összpontosított töltet készítése (71. ábra):



71. ábra

Plasztikus robbanóanyagból készíthető kumulatív összpontosított töltet<sup>334</sup>

1: plasztikus robbanóanyag; 2: gyújtófészek; 3: kumulatív üreg

<sup>333</sup> Uo., 14. ábra, 28.<sup>334</sup> Uo., 15. ábra, 28.

$$d_b = 1,25 \times h \quad [24]$$

$$h_b = 1,1 \times h \quad [25]$$

$$d_t = d_b + 20-30 \text{ mm} \quad [26]$$

A töltet tömege:

$$C = 2,5 \times h^3 \quad [27]$$

C és h a [21]-es és [22]-es képleteknél leírtak szerint.

Páncéllemezek robbantása esetén ugyanúgy duplájára kell növelni az alkalmazandó töltet tömegét, ahogy azt már a *Segédlet* is meghatározta.

Amennyiben az idomtöltet plasztikus robbanóanyagból készül, úgy a számított robbanóanyag mennyiségének 3/4-e is elegendő.

Az egyéb általános meghatározások (összetett lemezek légréssel, egy irányba ható töltetek eltolása a tartón, robbantás összpontosított töltettel, robbantás szegecsek esetén stb.) megegyeznek a *Segédlet*ben foglaltakkal.

Az általános alapelveknél ismertetik a közbehelyezett töltetekkel történő robbantás feltételes lehetőségét. „Tartók, oszlopok és egyéb rúdszerű fém elemek közbehelyezett töltetekkel való robbantásakor a töltetek” tömege az alábbi képlettel határozható meg:<sup>335</sup>

$$C = 3500 \times F/b \times r^2 \quad [28]$$

C: a közepes hatóerejű robbanóanyag tömege kg-ban;

F: a felrobbantandó elem keresztmetszeti területe m<sup>2</sup>-ben;

b: a felrobbantandó elemnek a töltet felé forduló oldalszélessége m-ben;

r: a töltet középpontjától a felrobbantandó elem tengelyvonaláig terjedő távolság m-ben.

A [28]-as képlet alkalmazásának feltételei:

$$r \geq 2 \times h, \text{ ha } h > 0,25 \text{ m vagy}$$

$$r \geq 0,5 \text{ m, ha } h < 0,25 \text{ m.}$$

A *Mű/213. Robbantási utasítás* (1971) semmi újat nem hoz az acélszerkezeti elemek robbantási módjaiban, illetve a töltetek számításában és felhelyezésében. Érdekesség viszont, hogy bár a 139. pontban<sup>336</sup> szintén megemlíti a közbehelyezett töltetekkel történő robbantás lehetőségét, számítási eljárást már nem ismertet erről. A fémhidak robbantásánál viszont mégis közöl két képletet, melyek segítségével meghatározható a hídszerkezet egy keresztmetszetben történő rombolásához szükséges közbehelyezett összpontosított töltet tömege. A 232. pont szerint: „25 m fesztávolságú, tömör falú felsőpályás hídszerkezetek” robbantásához „a híd pályaszerkezet alatt a főtartók között elhelyezendő töltet tömege”:<sup>337</sup>

$$C = 20 \times r^2 \quad [29]$$

C: a töltet tömege kg-ban;

r: a töltet középpontjától az alakváltozást szenvedő elemig terjedő távolság m-ben.

Hasonló fesztávolságú, de rácsos szerkezetű főtartókkal rendelkező hidaknál a [29]-es képlet szerinti robbanóanyag-mennyiséget a másfélszeresére rendelte növelni az *Utasítás*.

A 235. pontban a 25 m-nél nagyobb fesztávolságú hidak közbehelyezett összpontosított töltettel történő rongálását mutatja be a *Mű/213*. A robbanóanyag tömegét ebben az esetben az alábbi képlettel kellett meghatározni:<sup>338</sup>

$$C = 30 \times r^2 \quad [30]$$

C és r megegyező a [29]-es képletnél leírtakkal.

A gyári kumulatív töltetek bemutatása során kimaradt a felsorolásból az orosz KZ–2, az utász kumulatív aknát pedig (az univerzális kumulatív akna – UKA–63 – megjelenése miatt) a mai nevén ismert erődrobbantó kumulatív kézi aknaként (EKA–62) ismerteti. Ezenkívül tárgyalja még a *Mű/213*. az Országos Vízügyi Hivatalnál (OVH) rendszeresített jéglyukasztó perforátorokat, melyek általában honvédségi raktárakban

<sup>335</sup> *Uo.*, 152. pont, 130.

<sup>336</sup> *Mű/213. Robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971, 102.

<sup>337</sup> *Uo.*, 204.

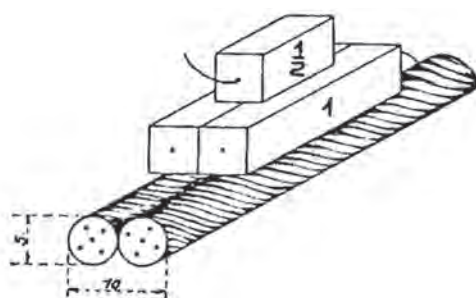
<sup>338</sup> *Uo.*, 207–208.

voltak elhelyezve, és az évenként felállított, a vízügyi szervekkel együttműködő katonai jégrobbantó osztagok és járőrök is használták őket.

### 2.2.2. Acélcsővek és -rudak, gömbvasak és sodronykötelek robbantása

A *Vezérfonal* (1899) a kérdéskörrel egyáltalán nem foglalkozik. A *Kézikönyv* (1903) az acélcső robbantását szintén nem említi, viszont a [19]-es képlet és a hozzá tartozó vasanyag-együttható értékei „érvényesek kovácsolt és öntött rúdvasra is, melynek vastagságául, gömbölyű rúdvasnál, annak átmérőjét vesszük, prizmatikusnál pedig a körülírt henger átmérőjét. A szükséges robbantó töltések egybevetésére megjegyezzük, hogy kereszt-szelvényök közelítőleg négyzet alakú legyen, melynek oldalhossza másfélszerese a rúd vastagságának; elhelyezését illetőleg pedig kiemeljük, hogy hosszával a rúd irányában jól meg kell erősíteni.”<sup>339</sup>

A *Műszaki oktatás* (1928) szintén nem foglalkozik vascsövek robbantásával. Gömbvasak és sodronykötelek robbantásánál a [20]-as képlet alapján számol úgy, hogy 'sz' értékét 15 cm-nek veszi. A töltet elhelyezéséről a 72. ábrán látható vázlatot közli.



72. ábra

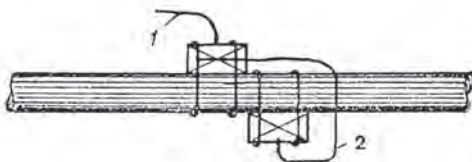
*Kettős sodronykötél robbantása*<sup>340</sup>

A *Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára* egyáltalán nem foglalkozik a kérdéssel. A *Haditechnikai alapismeretek* I. és III. részei szintén nem tartják fontosnak e fémszerkezeti elemek robbantásának tárgyalását.

A *Robbantási segédlet* (1950) fémcsövek, víz- és gázvezetékek megrongálását tárgyalja: „Ilyenkor 400–600 gr-os töltetet használunk és a csövet azon a helyen robbantjuk, ahol meg akarjuk rongálni.”<sup>341</sup>

Acéltengelyek robbantásánál 4 cm átmérőig 50 g, 4 cm felett pedig 100 g közepes hatóerejű robbanóanyagot ajánl a keresztmetszet minden cm<sup>2</sup>-ére. A számítást leegyszerűsítendő javasolja azt a módszert, hogy a tengely átmérőjét önmagával megszorozzuk, majd 4 cm-es átmérőig 40-nel, 4 cm felett pedig, 80-nal szorozva ezt az értéket egyből a töltet tömegét kapjuk grammokban.

Az acélsodrony kötelek robbantása nyírásra elhelyezett ikertöltetekkel hajtható végre, ahol a töltetek egyenkénti tömegét az acélrudak robbantásánál ismertetett módon határozzuk meg. Szilárd acélrudak robbantásánál is alkalmazható ez a módszer (73. ábra).



73. ábra

*Tengely robbantása nyírásra beállított két töltettel*<sup>342</sup>

1: durranó gyújtózsínór; 2: szerelt gyutacs

<sup>339</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 263.

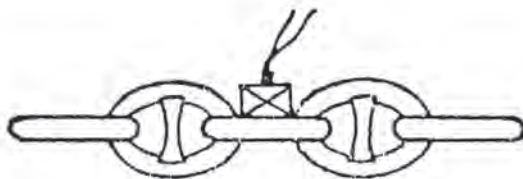
<sup>340</sup> E-34. (Műsz. okt. műsz.): *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára. 2. Füzet – Robbantások. I. rész*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 85. ábra, 143.

<sup>341</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950, 137.

<sup>342</sup> *Uo.*, 114. ábra, 136.



A horgonyláncok robbantását a láncszemre erősített töltettel végzi el, melynek tömegét úgy kapja, hogy „a láncszem cm-ekben mért szélességét önmagával, a kapott eredményt pedig még 50-nel” szorozza.<sup>343</sup> A robbanóanyag mennyiségét grammokban kapja (74. ábra).



74. ábra

Töltet elhelyezése horgonylánc egyik szemén<sup>344</sup>

Az *E.-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás* (1950) az üreges vasoszlopok robbantásának megtervezéséhez az alábbi képletet ismerteti:

$$C = 25 \times F \quad [31]$$

C: a közepes hatóerejű robbanóanyag töltet tömege g-okban;

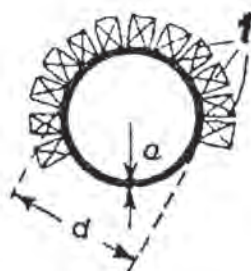
F: a cső vaslemezének keresztmetszeti felülete cm<sup>2</sup>-ben.

$$F = \pi \times d \times a \quad [32]$$

d: a vasoszlop külső átmérője cm-ben;

a: a cső falvastagsága cm-ben.

A töltetet az oszlop külső részén kell elhelyezni úgy, hogy a kerület 2/3, 3/4 részét átfogja (75. ábra).



75. ábra

Belül üres, henger alakú fém tartóoszlopok robbantása<sup>345</sup>

1: töltet (nagy szelencék – 400 g)

Az *Ideiglenes robbantási utasítás* (1950) az acélrudak robbantását nem tárgyalja, a sodronykötelek ikertöltetekkel történő átütését pedig a *Robbantási segédlet*ben ismertetett módon rendeli végrehajtani.

A *Mű/2. Robbantási utasítás* (1965) az acélcsövek és üreges oszlopok robbantását a [21]-es és [22]-es képletek alapján tervezteti meg. Az 'F' értékét a [30]-as képlet szerint kell kiszámolni, a TNT-préstestekből álló töltetet pedig a kerület 3/4 részén kell elhelyezni. Alkalmazható plasztikus robbanóanyagból készült gyűrűs töltet is, ahol a számított robbanóanyag mennyiségének 3/4 részét kell felhasználni.

Acélrudak és gömbvasak robbantását külső összpontosított töltetekkel lehet végrehajtani, melyek tömegét az alábbi módon lehet meghatározni.

- Legfeljebb 2 cm átmérőig:

$$C = 20 \times D^2 \quad [33]$$

- 2 cm átmérő felett:

$$C = 10 \times D^3 \quad [34]$$

C: a közepes hatóerejű robbanóanyag töltet tömege g-ban;

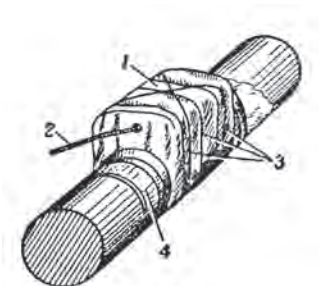
D: a rúd átmérője cm-ben.

<sup>343</sup> *Uo.*, 137.

<sup>344</sup> *Uo.*, 115. ábra, 137.

<sup>345</sup> *E.-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950, 86. ábra, 163.

Nem körszelvényű rudak esetén a töltet tömege a [21]-es és [22]-es képletekkel határozható meg. Az összpontosított töltetet „úgy kell elhelyezni, hogy átfedje a rúd egész szélességét (átmérőjét), és magassága a rúd vastagságának legalább 2 1/2-e legyen”.<sup>346</sup> Plasztikus robbanóanyag alkalmazása esetén a számított töltet tömege 25%-kal csökkenthető. A töltet elhelyezése a 76. ábrán látható.



76. ábra

*Acélrúd robbantása plasztikus robbanóanyagból készült töltettel*<sup>347</sup>

1: papírba göngyölt töltet; 2: szerelt gyutacs; 3: drót vagy zsineg; 4: papíralátét

Acélsodrony köteleket iker összpontosított töltetekkel lehet robbantani, az *Ideiglenes robbantási utasítás*ban már ismertetett módon. A robbanóanyag-töltet tömegét a [33]-as és [34]-es képletekkel lehet meghatározni (azt természetesen duplán véve). Plasztikus robbanóanyagból gyűrűs töltet is készíthető, ebben az esetben viszont a töltet számított tömegét 25%-kal csökkenteni lehet.

A *Mű/213. Robbantási utasítás* (1971) az acélcövek és üreges oszlopok robbantását a *Mű/2.* szerint tárgyalja, egyetlen eltéréssel: a plasztikus robbanóanyagból készült gyűrűs töltet tömegének meg kell egyeznie a TNT-prétestből készült töltetével (a *Mű/2.* 25%-os csökkentést engedett meg).

Az acélrudak és gömbvasak robbantásánál 2 cm átmérő felett a *Mű/2.*-ben ismertetett szabályok maradtak meg, egy eltéréssel: plasztikus robbanóanyag alkalmazása esetén a töltet tömege a számított érték fele lehet (a korábbi 75%-kal szemben). Két cm-nél kisebb átmérő esetén egy darab 200 g-os TNT-prétesttel vagy 100 g plasztikus robbanóanyaggal kell végrehajtani a robbantást.

Az acélsodrony kötelek robbantási szabályai nem változtak a *Mű/2.*-ben leírtakhoz képest.

### 2.2.3. Fém szerkezeti elemek víz alatti robbantása

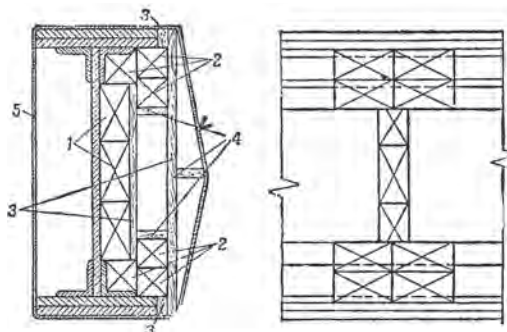
A fém szerkezeti elemek víz alatti robbantását azért tárgyaljuk külön alpontban, mert egy speciális feladatról van szó, melynek tanulmányozása így talán könnyebbé válhat a téma iránt érdeklődő szakemberek számára.

A *Vezérfonal* (1899) nem említi ezt a kérdéskört. A *Kézikönyv* (1903) az *Elsüllyedt hajók robbantása* című alfejezetben tér ki a fémszerkezetek víz alatti robbantásának nehézségeire. Egy 1886-ban, a Temes és a Duna folyók torkolatánál, Pancsova közelében elsüllyedt 42 m hosszú, 6 m széles vasuszály robbantással történő szétdarabolását ismerteti; a hajótest 6, illetve 10 m mélyen feküdt. (Magát a számítást sajnos nem, csak az alkalmazott töltetek tömegét és elhelyezését közli a 269–271. oldalakon.)

Ezt követően először az 1965-ben megjelent *Mű/2. Robbantási utasítás* foglalkozik az acélelemek víz alatti robbantásával. A víz által mindkét oldalról körbevett szerkezetek esetén a számított robbanóanyag-mennyiség dupláját kell venni. Ezenkívül az idomtölteteket a tartó belső oldalán kell elhelyezni, az 1928-as *Műszaki oktatás*nak a víz felszíne felett elhelyezkedő tartók robbantására közölt szabályaihoz hasonlóan (63. és 77. ábra).

<sup>346</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965, 150. pont, 128.

<sup>347</sup> *Uo.*, 89. ábra, 128.



77. ábra

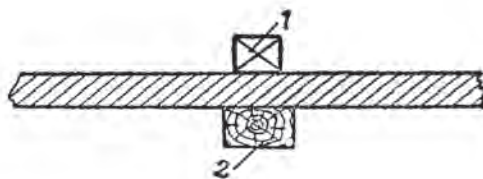
*Kettős T szelvényű acéltartó víz alatti robbantása idomtöltettel<sup>348</sup>*

1: a gerinclemez robbantására szolgáló töltet; 2: a szögvasak, talp- és fejlemezek robbantására szolgáló töltet; 3: deszkalapok; 4: feszítődúcok; 5: kötőhuzalból álló fonat vagy kötél

A vízbe merülő, de vízzel nem töltött acélcsövek, továbbá hidrotechnikai létesítmények, hajók robbantása esetén, amennyiben a víz csak a töltet felőli oldalán található, a számított robbanóanyag mennyisége a 2/3-ára csökkenthető. A töltet tömegének a *Mű/213.-ban* szereplő,<sup>349</sup> másfélszeresre csökkentése fordítási hiba, az orosz kifejezés félreértésén alapul. Ha ugyanis ez igaz lenne, akkor a szerkezet robbantás nélkül, önmagától tönkremenne, és még kapnánk is ráadásként plusz robbanóanyagot.<sup>350</sup>

Az előző bekezdésben közölt esetekben, ha a töltetet a szerkezet belső (vízmentes) oldalán helyezik el, a robbanóanyag tömege a normál viszonyok szerint számított mennyiség négyszerese.

Ugyanebben az esetben (töltet a vízmentes oldalon) a számított robbanóanyag-mennyiséget nem kell növelni akkor, ha a töltettel ellentétes oldalon legalább a töltet vastagságával megegyező méretű üreges vízhatlan dobozt vagy fagerendát erősítünk a fémelemhez (78. ábra).



78. ábra

*Acéllemez robbantása víz alatti, fagerendával ellátott nyújtott töltettel<sup>351</sup>*

1: töltet; 2: fagerenda

Az acéllemezek (5 cm feletti vastagság esetén) kumulatív nyújtott töltetekkel is robbanthatók, melyeket azonban szigetelni kell a kumulatív sugár kialakulásának teljes távolságában (fókusz távolság). A töltetek tömege ebben az esetben nem tér el a normál viszonyok között alkalmazott mennyiségtől.

A víz alatti, közbehelyezett töltetek tömege megegyezik a [28]-as képlet szerint számított normál töltetekével.

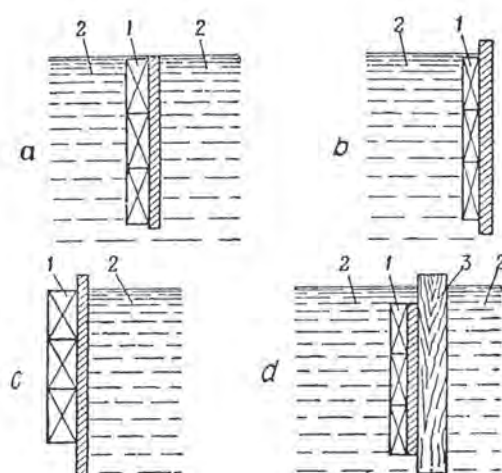
A *Mű/213. Robbantási utasítás* lényegében a *Mű/2.-ben* közöltek szerint tárgyalja az acélelemek víz alatti robbantását azzal a kitételrel, hogy a töltetet víz alattinak kell tekinteni bármilyen merülési mélység mellett. A könnyebb megértést szolgálja a fentebb tárgyalt négy alaphelyzetet bemutató vázlat (79. ábra).

<sup>348</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965, 92. ábra, 131.

<sup>349</sup> *Uo.*, 114. oldal, 145. pont.

<sup>350</sup> Sajnos az *Utasításban* több helyen visszaköszön ez a hiba, természetesen minden alkalommal a töltettömeg 2/3-ára (és nem másfélszeresére) csökkentéséről van szó.

<sup>351</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás.* Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965, 93. ábra, 132.



79. ábra

Acélelemek víz alatti robbantása<sup>352</sup>

a: víz mindkét oldalon; b: víz a töltet felőli oldalán; c: víz a töltettel ellentétes oldalán; d: víz mindkét oldalon (a töltettel szembeni oldalon fagerenda); 1: töltet; 2: víz; 3: fagerenda

#### 2.2.4. Részkövetkeztetések

A fém szerkezeti elemek robbantásánál a töltet meghatározásának módjában koronként adódnak eltérések, ugyanakkor a leglényegesebb összefüggéseket a kezdetektől (1899–1903) napjainkig azonos módon vesszük figyelembe. Ilyenek például:

- az összetett fémszerkezetek robbantásánál az alkotóelemekre történő töltetmennyiség meghatározása;
- az összetett (esetleg még légréssel is rendelkező) lemezek egy (homogén) lemezként történő figyelembevétele;
- a szerkezeti elemnél az egy keresztmetszetben ható töltetek egymáshoz viszonyított eltolásának szükségessége;
- a robbanóanyag felhelyezési oldalán a teljes felületi felfekvést akadályozó szegecsfejek figyelembevétele már a számításnál (mint átütendő vastagságot növelő tényező).

A fémszerkezet anyagminőségét először (és utoljára) a *Kézikönyv* (1903) vette számítási alapnak, ezt követően csak a páncéllemezre vonatkozóan határoz meg eltérést a *Segédlet* (1950), majd az ezt követő *Utasítások* (1965, 1971). Ugyanakkor saját robbantási gyakorlatomból állíthatom, hogy az új, korszerű acélok esetén igenis szükség lenne az anyagminőség figyelembevételére, különösen akkor, ha a robbantást a hagyományos, TNT-prétestestekből készült töltetekkel hajtjuk végre. Volt alkalmam a Kossuth Lajos Katonai Főiskola gyakorlóterén a Paksi Atomerőmű részére készült vasbeton tartókból kirobbantott betonacélokat (40-50 mm átmérővel) robbantani. A [34]-es képlet alapján számított, SEMTEX plasztikus robbanóanyagból készített összpontosított és gyűrűs töltetek nemhogy a gömbvasat nem ütötték át, de még annak bordázatában sem tettek kárt.<sup>353</sup> Az ikertöltet viszont (melyet csak acélsodrony kötelek robbantására ajánl az *Utasítás*) eltörte a rudat.

1928-tól, a *Műszaki oktatástól* megjelenik a töltetek kétféle meghatározási módszere: a nagyobb pontosságú, keresztmetszeti felület szerinti, valamint a sokkal egyszerűbb (a harchelyzetben történő gyors döntést segítő), átütendő vastagság szerinti számítás.

Ugyancsak 1928 óta alkalmazzuk az összpontosított tölteteket fémelemek robbantására abban az esetben, ha az előkészítéshez rendelkezésre álló idő kevés. Változás annyiban tapasztalható, hogy a *Műszaki oktatás* ebben az esetben csak 1,5-szeresére rendelte növelni a töltetmennyiséget, míg 1950-től kétszeres robbanóanyag-felhasználásról beszélünk.

<sup>352</sup> *Mű/213. Robbantási utasítás.* Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971, 73. ábra, 115.

<sup>353</sup> Megjegyzendő, hogy a betonrobbantás képlete alapján számított nyújtott töltet viszont tökéletesen kiütötte a betont ebből a különösen nagy szilárdságú tartóból is.

Fémelemek robbantásánál kiemelkedő jelentőséggel bírnak a kumulatív (elsősorban nyújtott, ún. vágó-) töltetek. Ezek csapatszinten történő méretezésére az *Utasítás* (1965) ír először módszert, mely változatlanul került be az 1971-es újabb kiadásába is. Más országok hadseregeiben (és ezzel párhuzamosan a polgári robbantástechnikában) fokozott figyelmet fordítanak erre a kérdésre, és különböző átütőképességű lineáris vágótöltet-sorozatokat fejlesztenek ki. Ezek a töltetek műanyag vagy fémburkolattal, különböző hosszúságban készülnek, a helyszínen a kívánt méretre szabhatóak, és egyszerűen, gyorsan felerősíthetők bármilyen szerkezetre, akár tégl- vagy vasbeton falra is. (A kérdést – fontossága miatt – részletesen tárgyaljuk később, beleértve a kumulatív töltetek fejlődését és a lineáris vágótöltetek katonai alkalmazhatóságát.)

Acélcsővek robbantásával a *Segédlet* (1950) foglalkozik először, de egy konkrét töltettömeg (400–600 g) meghatározásánál nem jut tovább. Az ugyanebben az évben kiadott *Ideiglenes utasítás* ad először képletet a töltet tömegének meghatározásához, és rendeli el egyben a kerület 2/3, 3/4 részét átfogó töltetfelerősítést.

A gömbvasak és sodronykötelek robbantási szabályait már a *Kézikönyvben* (1903) és a *Műszaki oktatásban* (1928) is tárgyalják, de a tölteteket a vasrobbantás alapképlete alapján rendelik el meghatározni. 1950 óta vesszük figyelembe az átütendő keresztmetszetet, 1965 óta pedig a gömbvas átmérőjét. A *Kézikönyv* (1903) a töltet kialakításánál közel négyzetes keresztmetszetet határoz meg, az átmérő legalább 1,5-szeresét elérő oldalhosszal. Ezzel szemben az *Utasítás* (1965) óta alapelv a töltet lehető legnagyobb koncentrációja: a töltet magasságának legalább 2,5-szeresének kell lennie a gömbvas átmérőjének.

Fém szerkezeti elemek robbantásával közbehelyezett összpontosított töltetekkel egyedül az *Utasítás* (1965) foglalkozik. A későbbi *Utasítás* (1971) már csak a fémhidak gyorsrobbantásánál tesz említést (de egészen más összefüggések alapján) erről a kérdéstről.

Fém szerkezeti elemek víz alatti robbantásának problémáját a *Kézikönyv* (1903) veti fel először, de igazi megoldást nem ad a kérdésre. Ezt követően az *Utasítás* (1965) tárgyalja – a jelenleg is érvényben lévő elvek alapján – ezt a kérdéskört.<sup>354</sup>

### 2.2.5. Javaslatok a fém szerkezeti elemek robbantásával kapcsolatban

- Felül kell vizsgálni a jelenleg alkalmazott képleteket az új, nagy szilárdságú acélokra történő alkalmazhatóságuk szempontjából, mivel az *Utasításban* (1965) foglalt összefüggések már az orosz Szalamahin professzor<sup>355</sup> nevével fémjelzett orosz katonai robbantástechnikai elméleti és gyakorlati kutatások eredményei alapján születtek (lásd az irodalomjegyzékben), az ezekben foglalt elvek felhasználásával az újabb vizsgálatok elvégezhetőek.
- A számítások megkönnyítése érdekében az alparancsnoki állománynak újból rendelkezésére kell bocsátani töltetábrázolókat, nomogramokat. Ezek egyébként nem idegenek a jelenlegi szabályozásunktól, hiszen a későbbiekben látni fogjuk, hogy például a földrobbantási feladatoknál ma is alkalmazunk ilyet.
- A szakkiképzés megkönnyítése céljából a mainál részletesebb útmutatást, módszertant kell adni a töltetek elhelyezéséről, felerősítéséről egy új robbantási utasításban. Nem csak a fent említett 1903-as példa kell, hogy erre inspiráljon bennünket: ha más külföldi katonai robbantási utasításokat megvizsgálunk, ott is hasonlókat tapasztalunk.
- Meg kell vizsgálni egy flexibilis lineáris vágótöltetcsalád rendszeresítésének lehetőségét,<sup>356</sup> melyek a fém szerkezeti elemek robbantására jelentősen kisebb töltetmennyiségekkel, töredéknyi szerelési időszükséglettel és sokkal nagyobb hatással lennének alkalmazhatóak. Ráadásul alkalmazásuk lényegesen kevesebb szaktudást igényel (így összefegyvernemi alegységek részére is kiadható), mint a jelenlegi idomtöltetek préstestekből, de akár plasztikus robbanóanyagból történő kialakítása. Ha lehet, az említetteknel még fontosabb érveként szólhat mellettük a sokkal kisebb repesz- és egyéb környezeti hatás, melyről bővebben később szólunk.
- Felül kell vizsgálni a *Robbantási utasításban* foglalt, fémrobbantásnál alkalmazott repesztávolságot. Különösen fontos ez ma, amikor a gyakorlóterek egyre szűkülnek, biztonságos lezárhatóságuk egyre nehezebb. Saját gyakorlatomból egy példával illusztrálom javaslatom fontosságát: szegecselt acéltartót robbantottunk idomtöltettel a volt Kossuth Lajos Katonai Főiskola csobánkai gyakorlóterén. A biztonsági rendszabályok által előírt 500 m sugarú kört lezárva azt tapasztaltuk, hogy

<sup>354</sup> Az 1971-es *Robbantási utasításban* fordítási hibaként szerepel az üreges fémelemek víz felőli oldalán történő töltetelhelyezés esetén a töltet tömegének „másfélszeresére” csökkentése. 1965-ös elődje helyesen ír 2/3-os csökkentésről.

<sup>355</sup> A Kujbisev Katonai Műszaki Akadémia (Moszkva) tanára, az orosz katonai robbantástechnika elméletének szilárd elméleti alapokon, matematikai számításokon nyugvó megalkotója.

<sup>356</sup> Azóta ez megtörtént a RAZOR SEMTEX lineáris vágótöltetcsalád egy elemének beszerzésével, amely – ha korlátozott mértékben is, de – megoldást jelenthet a jelzett problémára.

a robbantás helyétől légvonalban több mint egy km-re lévő külszíni művelésű murvabánya felett, megmagyarázhatatlan módon, repeszek zúgtak el. Megvizsgálva az esetet, arra a megállapításra jutottunk, hogy a robbantás következtében az acéllemezek elcsúsztak egymáson, ezáltal elnyírták a szegecsket, melyek fejrészei ennek (és nem közvetlenül a robbantásnak) következtében repültek a meghatározott biztonsági távolság kétszeresénél is messzebb. Fémhidak robbantásánál gyakran találkozhatunk szegecselt tartókkal, a gyakorlótereken is nem egy ilyen szerkezet vár arra, hogy a kiképzés során felrobbantsuk. Az alparancsnoki állomány e felismerés ismerete nélkül nemcsak saját katonái, de a környező lakosság életét is veszélyeztetheti, teljesen gyanútlanul.

## 2.3. Téglá-, kő-, beton- és vasbeton elemek robbantása

### 2.3.1. Téglá, kő és beton szerkezeti elemek robbantása

A *Vezérfonal* (1899) nem említi az építési anyagokból készült szerkezeti elemek robbantását. A *Kézikönyv* (1903) viszont már bőszéges terjedelemben foglalkozik a „falazatok” robbantásával, történeti áttekintést is adva az egyes eljárások kialakulásáról. A falazat teljes áttörésére a Vogl-féle alapképletet [41] alkalmazza, melyet később a földrobbantásnál is használ. A képlet létrejöttének történetéhez tartozik, hogy a belső töltetek problémája (abban az időben „hadi aknáknak” nevezték őket)<sup>357</sup> már régóta foglalkoztatta a katonai szakembereket. A hadi aknák feltalálójának Pedro Navarrót tartják, aki 1503-ban Nápoly ostrománál alkalmazta a védművek rombolására. Ennek eredménye volt 1679-ben Franciaországban, 1716-ban pedig Ausztriában az aknász századok felállítása, ezt követően pedig a belső töltetek (ebben az időben nem tettek különbséget a talajban és a falakban elhelyezett töltetek között) elméleti kérdéseinek tisztázására fordított figyelem. A kutatásokban kiemelt jelentőségű a XVIII. század legkiválóbb aknászának tartott Belidor azon felfedezése, hogy „minden robbantó töltés bizonyos nyomási gömböt létesít”.<sup>358</sup>

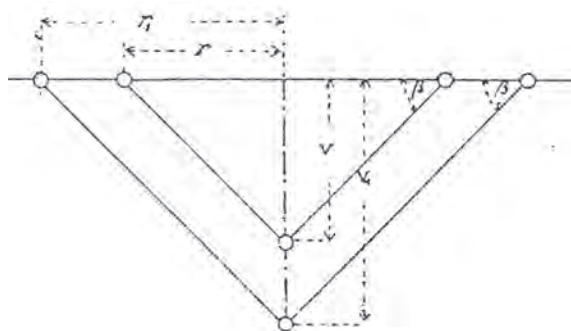
Újabb előrelépést jelentett 1805-ben Lebrun fellépése, aki Megrigny 1686-os kísérleti eredményeit is felhasználva felállította töltési képletét, mely szerint „két hasonló repesztő kúphoz tartozó töltések (T) úgy viszonylanak egymáshoz, mint e kúpok köbtartalmai (K)”, illetőleg:

$$T : T_1 = K : K_1^{359} \quad [35]$$

Ebből eredően „mértilag hasonló aknatöltésekre (...) a robbantó töltések úgy viszonylanak egymáshoz, mint a megfelelő ellenállások harmadik hatványai”, vagyis

$$T : T_1 = v^3 : v_1^3 \quad [36]$$

'v' és 'v<sub>1</sub>' a 80. ábra szerint



80. ábra

*Hasonló repesztő kúpok ábrázolása*<sup>360</sup>

A fenti, [36]-os aránypárból következik, hogy „a töltés és az ellenállás harmadik hatványából képzett hányados állandó; ennek értékét /g/ töltési együtthatónak nevezzük”.<sup>361</sup> Ennek alapján a *Lebrun-képlet*:

<sup>357</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 170.

<sup>358</sup> *Uo.*, 175.

<sup>359</sup> *Uo.*, 175.

<sup>360</sup> *Uo.*, 147. sz. ábra, 175.

<sup>361</sup> *Uo.*, 176.

$$T = g \times v^3 \quad [37]$$

T: a robbanóanyag tömege kg-ban;

v: az ellenállási vonal m-ben;

g: a töltési együttható.

Lebrun elméletét fejlesztette tovább az 1871–1873 között, Linzben végrehajtott kísérleti falrobbantásai során az Osztrák–Magyar Hadügyi Bizottság, mely azt állapította meg, hogy „különböző fúrólukak töltései úgy viszonylanak egymáshoz, mint a megfelelő romboló övek félátmérőinek (repszó sugarak) harmadik hatványai”,<sup>362</sup> vagyis:

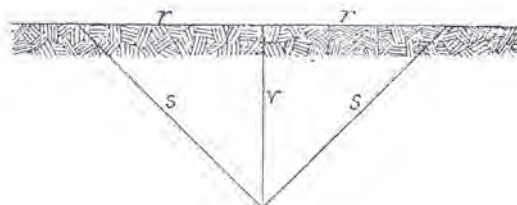
$$T = c \times s^3 \quad [38]$$

c: töltési együttható;

s: a repesztő sugár.

A [38]-as képletet finomította tovább 1874-ben Julius Vogl őrnagy, mivel ebben a formájában a gyakorlati számítások végrehajtására alkalmatlannak találta. A különféle feladatok végzése során ugyanis rendszerint a legkisebb ellenállás (v) és a tölcser sugara (r) adott (81. ábra), melynek alapján:

$$s = (v^2 + r^2)^{1/2} \quad [39]$$



81. ábra

A feladat ábrája Vogl szerint<sup>363</sup>

A [39]-es képletet átrendezve, bevezette a töltet hatásmutatóját (n):

$$n = r/v \quad [40]$$

A falrobbantási tapasztalatok alapján Vogl szerint e hatásmutató értéke 0,75–1,5 között változik.

Vogl képletének végső alakja a következő:

$$T = k \times (v + r)^3 \quad [41]$$

T: a robbanóanyag töltet tömege kg-ban;

k: töltési együttható;

v: a legkisebb ellenállás m-ben;

r: a tölcser sugara m-ben.

A 'g' és 'k' töltési együttható kísérleti meghatározására, valamint néhány gyakorlati értékére vonatkozóan a *Kézikönyv* 178–182. oldalain található útmutatás.

Az 'n' töltet hatásmutató értékének megválasztása során az alábbiak figyelembevételét ajánlja a *Kézikönyv*:

- „minél nagyobb az 'n', annál teljesebb és nagyobb terjedelmű a szerkezeti rész áttörése;
- minél nagyobbak vesszük a tölcser sugarát, annál távolabbra helyezhetjük el egymástól az aknákat, vagyis annál kisebb lesz a robbantandó tárgyhoz szükséges töltések száma, ezzel kapcsolatosan kisebb az előmunka;
- az 'n' viszonyszám növelésével, a robbantandó építményhez (pl. bizonyos hosszú szabadon álló falnál) szükséges repesztő-szer mennyisége is nagyobbodik s maximumát éri el  $n = 1,5$ -nél, midőn is a felével nagyobb, mint 'n' legkisebb értékénél, illetve 0,75-nél”.<sup>364</sup>

A szerkezeti elemek több, egymással összefüggően ható töltettel való robbantása során a töltetek egymástól való távolságának megállapításakor az alábbiakra kell figyelemmel lenni:

<sup>362</sup> Uo.

<sup>363</sup> Uo., 148. sz. ábra, 177.

<sup>364</sup> Uo., 239.

- „hogy valamely építmény falzatának teljes és összefüggő áttörését elérjük, azaz, hogy az akna-tölcsérek között egyes megbontatlan falrészecskék ne maradjanak, az aknákat legföljebb a tölcsér-sugár kétszeres távolságában kell egymástól elhelyezni;
- ha az aknákat ennél kisebb távolságban rendezzük el, akkor a falzatnak áttörése tökéletesebb és terjedelmesebb, a megrázkódtatás pedig erőteljesebb és mélyebbre ható lesz;
- ha ellenben az aknák egymástól való távolsága nagyobb a kettős tölcsérsugárnál, akkor a robbantandó falazatrétegek csak részben lökődnek ki, s az építmény állékonyságától függ, vajon a helyálló részek megakadályozhatják-e annak teljes beomlását vagy sem?”<sup>365</sup>

A *Kézikönyv* szerint a „kapcsolt aknák” esetén célszerű a tölteteket egymástól a tölcsérsugár másfélszeres távolságára helyezni.

A *Műszaki oktatás* (1928) a VIII. fejezetében foglalkozik a falak és sziklák robbantásával, és mindjárt a legelső pontban rögzíti: a fal- és sziklarobbanás elmélete ugyanaz, mint a földrobbantásé.<sup>366</sup>

A töltetek elhelyezéséről az alábbiakat rendel el ugyanebben a pontban: „Falakat rendszeren zárt aknával robbantunk; csak akkor, ha kevés az időnk, alkalmazunk falrobbantásnál egészen vagy részben beeresztett vagy szabadon fekvő aknát. (...) Az aknák külalakjuk szerint lehetnek összpontosított (ide tartoznak a fűrt töltetek is) vagy nyújtott aknák. A töltetek fojtását, ha lehet, el kell végezni.”

Az összpontosított töltet tömegének meghatározása:

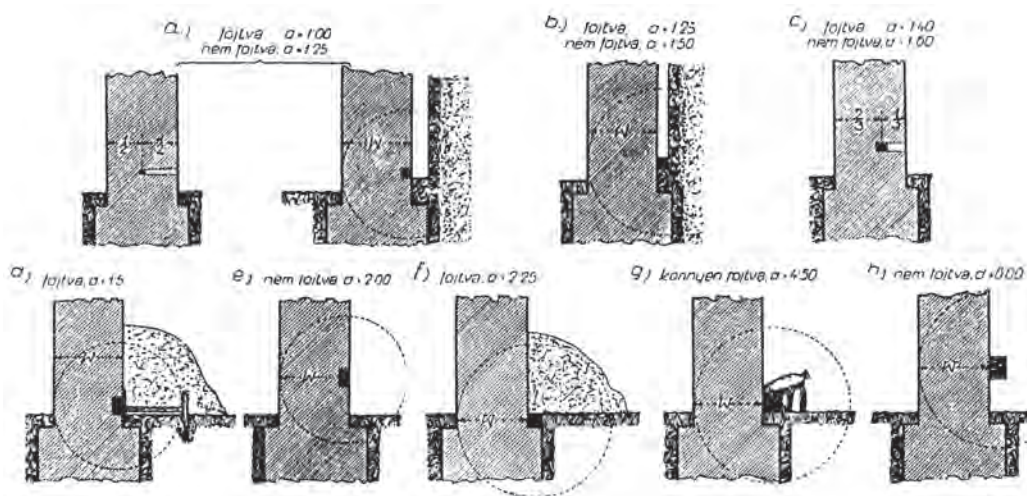
$$T = c \times d \times W^3 \quad [42]$$

T: a töltet tömege kg-ban;

c: szilárdsági tényező, mely az ellenállási vonal nagyságától és az anyag szilárdságától függ (értékei a képlet után találhatóak);

d: „lefojtási tényező”, melynek értékét az akna elhelyezése és lefojtása befolyásolja;

W: az ellenállási vonal m-ben.



82. ábra

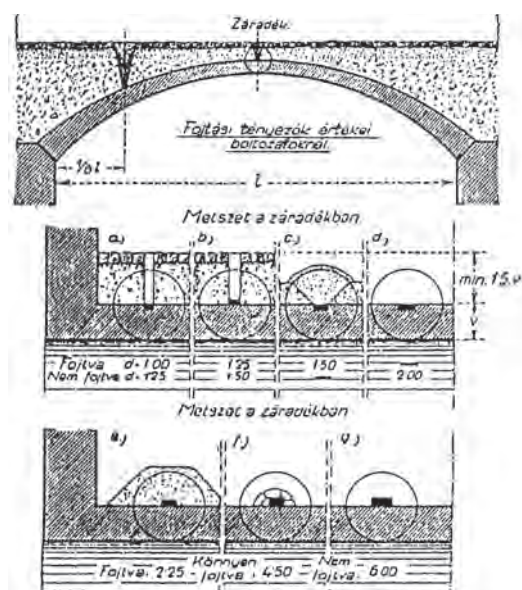
Fojtási tényező értékei fal- és sziklarobbanásnál<sup>367</sup>

<sup>365</sup> Uo.

<sup>366</sup> E-34 (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928–1929, 298. pont, 221.

<sup>367</sup> Uo., 144. sz. ábra, 224.





83. ábra

Fojtási tényezők értékei boltozatoknál<sup>368</sup>

A 'c' szilárdsági tényező értékei, ekrazit robbanóanyagra vonatkozóan:

- kemény szikla és beton esetén, ha
 

$W < 1,0$ m	$c = 5$
$W = 1,0-1,5$ m	$c = 4$
$W = 1,5-2,0$ m	$c = 3,5$
$W > 2,0$ m	$c = 3$
- laza kőzet és falak esetén
 

	$c = 3$
--	---------

Egyéb robbanóanyag alkalmazása esetén a töltet nagysága úgy állapítható meg, ha a kapott értéket megszorozzuk a *Műszaki oktatás* robbanóanyagokkal foglalkozó fejezetében közölt szorzószámokkal (sajnos trotilla ez a szám nincs megadva, mert csak mint tüzérségi lőszer töltőanyagát említi).

Erősen terhelt falak (pl. pillérek, boltozatok, állandó erődítési építmények) robbantásánál a 'c' tényező értékét 1,3-mal, vasbeton esetén pedig 1,5-tel meg kell szorozni.

Több (együttesen ható) töltet alkalmazása esetén az összpontosított töltetek egymástól való távolsága:

- terheletlen (szabadon álló) falak esetén:  $2 \times W$ ;
- boltozatok, beton- és vasbeton építmények esetén pedig  $1,5 \times W$ .

A számítás megkönnyítésére egy táblázatot és egy nomogramot is közöl.

<sup>368</sup> Uo., 145. sz. ábra, 225.

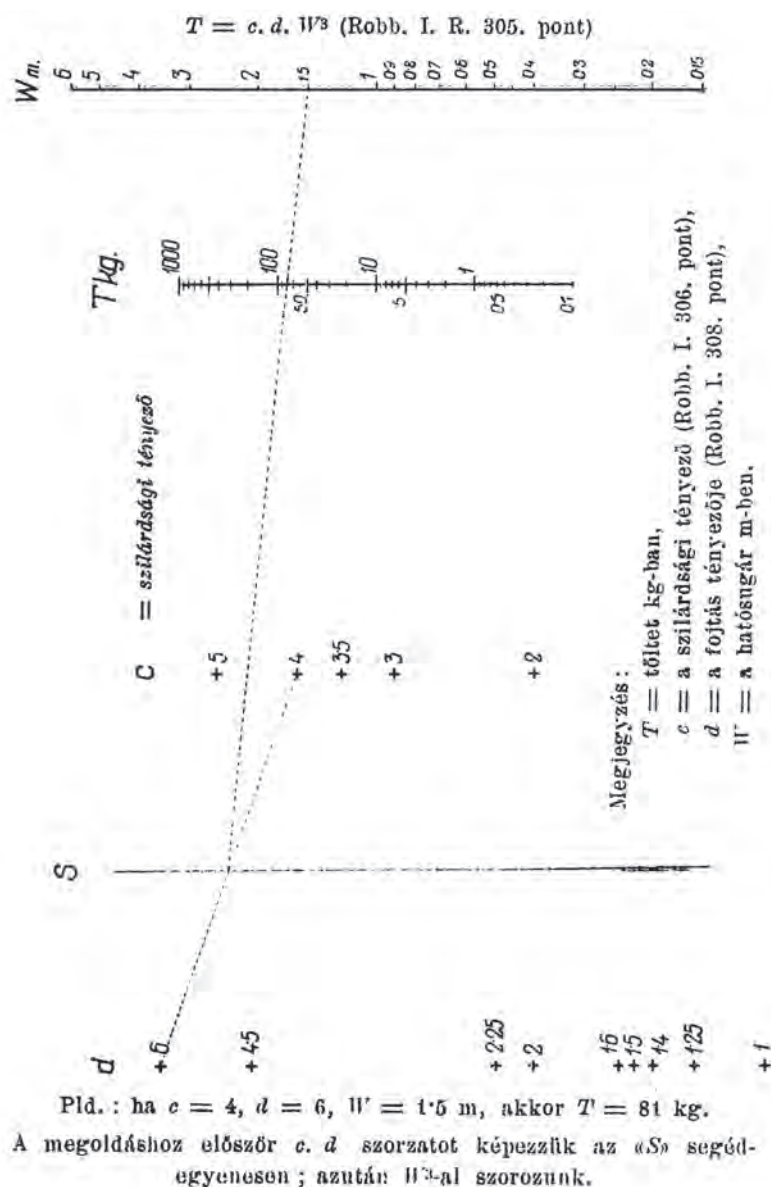
22. táblázat

„Fal és kemény szikla robbantásához való összpontosított töltetek”<sup>369</sup>

c Ekra- altra- vonat- kozók	W m- ben																
		f.		n. f.		f.		n. f.		f.		n. f.					
		T kg-ban						T kg-ban									
		d = 1		d = 1.25		d = 1.5		d = 2		d = 1.4		d = 1.6		d = 2.25		d = 4.5	
5	0.2	0.05	0.05	0.05	0.06	0.08	0.06	0.06	0.09	0.18	0.24	0.06	0.06	0.09	0.18	0.24	
	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.6	0.8	0.2	0.3	0.3	0.6	0.8	
	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.7	1.4	1.9	0.4	0.5	0.7	1.4	1.9	
	0.5	0.6	0.6	0.6	0.9	1.3	0.5	0.6	1.0	2.8	3.8	0.5	0.6	1.0	2.8	3.8	
	0.6	1.1	1.4	1.4	1.6	2.2	0.6	0.7	1.4	4.0	5.5	0.6	0.7	1.4	4.0	5.5	
	0.7	1.7	2.1	2.1	2.6	3.4	0.7	0.8	1.7	7.7	10.3	0.7	0.8	1.7	7.7	10.3	
	0.8	2.6	3.2	3.2	3.8	5.1	0.8	0.9	2.6	12	16	0.8	0.9	2.6	12	16	
0.9	3.6	4.6	4.6	5.5	7.3	0.9	1.0	3.6	16	22	0.9	1.0	3.6	16	22		
4	1	4	5.0	5.0	6.0	8.0	1	1.1	4	18	24	1	1.1	4	18	24	
	1.1	5.3	6.7	6.7	8.0	10.6	1.1	1.2	5.3	24	32	1.1	1.2	5.3	24	32	
	1.2	6.9	8.6	8.6	10.4	13.8	1.2	1.3	6.9	31	41	1.2	1.3	6.9	31	41	
	1.3	8.8	11	11	13.2	18	1.3	1.4	8.8	40	53	1.3	1.4	8.8	40	53	
	1.4	11	14	14	16	22	1.4	1.5	11	49	66	1.4	1.5	11	49	66	
	1.5	13	17	17	20	27	1.5	1.6	13	61	81	1.5	1.6	13	61	81	
3.5	1.6	14	18	18	22	29	1.6	1.7	14	65	86	1.6	1.7	14	65	86	
	1.7	17	21	21	26	34	1.7	1.8	17	72	93	1.7	1.8	17	72	93	
	1.8	20	26	26	32	41	1.8	1.9	20	82	103	1.8	1.9	20	82	103	
	1.9	24	30	30	36	48	1.9	2	24	103	134	1.9	2	24	103	134	
	2	28	35	35	42	56	2	2.1	28	126	168	2	2.1	28	126	168	
3	2.1	28	35	35	42	56	2.1	2.2	28	125	167	2.1	2.2	28	125	167	
	2.2	32	40	40	48	64	2.2	2.3	32	144	192	2.2	2.3	32	144	192	
	2.3	37	46	46	55	73	2.3	2.4	37	164	219	2.3	2.4	37	164	219	
	2.4	41	52	52	62	83	2.4	2.5	41	187	249	2.4	2.5	41	187	249	
	2.5	47	59	59	70	94	2.5	2.6	47	211	281	2.5	2.6	47	211	281	
	2.6	53	66	66	79	105	2.6	2.7	53	237	316	2.6	2.7	53	237	316	
	2.7	59	74	74	89	118	2.7	2.8	59	266	354	2.7	2.8	59	266	354	
	2.8	66	82	82	99	132	2.8	2.9	66	296	395	2.8	2.9	66	296	395	
	2.9	73	91	91	110	146	2.9	3	73	329	439	2.9	3	73	329	439	
	3	81	101	101	122	162	3	3.1	81	365	486	3	3.1	81	365	486	

A kiadvány jelzi, hogy a táblázat értékei nem terhelt (szabadon álló) falakra vonatkoznak. Erősen terhelt falak, boltozatok esetén a kapott robbanóanyag mennyiségét 1,3-mal, vasbeton falaknál pedig 1,5-tel meg kellett szorozni.

<sup>369</sup> Uo., III. sz. tábla, 228–229.



84. ábra

A fal- és sziklarobbantás összpontosított tölteteinek nomogramja<sup>370</sup>

A nyújtott töltet tömegének meghatározása:

$$T = c \times d \times W^2 \quad [43]$$

$T$ : egy folyóméter robbanóanyag tömege kg-ban;

$c$ ,  $d$ ,  $W$ : a [42]-es képletnél tárgyaltak szerint.

Amennyiben a kapott robbanóanyag-mennyiség nem fejezhető ki teljes „szelencesorokban”, akkor vagy el kell osztani a hiányos sor szelencéit a teljes sor(ok) mentén, vagy a töltetet teljes sorra felkerékvé kell alkalmazni.

Nyújtott tölteteket legtöbbször szabadon felfektetve, esetleg „beeresztve” kell alkalmazni. Zárt „aknaként” való alkalmazása esetén több robbanóanyagot használ fel, mint az összpontosított „aknak” esetén. Használatukat beton- és vasbeton elemek robbantásakor is ajánlja a *Műszaki oktatás*, tekintve, hogy elhelyezésük egyszerűbb és az „összefüggő sávok átütése biztosabb”.<sup>371</sup> A tervezést ebben az esetben is egy számítási táblázat és egy nomogramm segíti.

<sup>370</sup> E-34 (*Műsz. okt. műsz.*) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások II. rész + Mellékletek*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928–1929, Töltetszámítási nomogramok, VII. sz. tábla, 9.

<sup>371</sup> *Uo.*, 315. pont, 230.

23. táblázat

„Fal és kemény szikla robbantásához való összpontosított töltetek”<sup>372</sup>

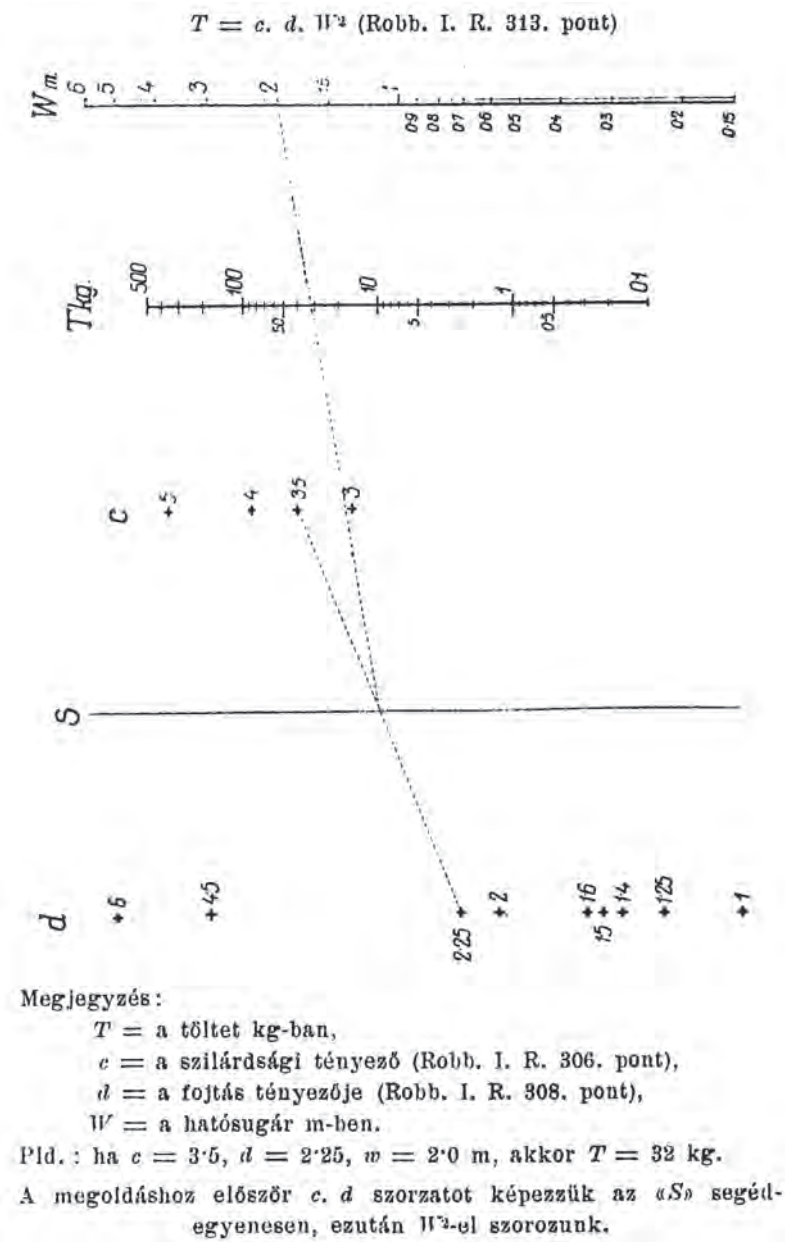
o Ektra- zitra- vonat- kozik	W m- ben	T kg-ban egy folyóméter hossza			
		f.	n. f.	f.	n. f.
		d = 1'4	d = 1'0	d = 2'25	d = 4'5
		T kg-ban egy folyóméter hossza			
		d = 1'4	d = 1'0	d = 2'25	d = 4'5
		d = 6	d = 6	d = 6	d = 6
		0.3	0.3	0.5	0.9
		0.6	0.7	1	2
		1.1	1.3	1.8	3.6
		1.7	2	2.8	5.6
		2.5	2.9	4.1	8.1
		3.4	3.9	4.4	11
		4.5	5.1	7.2	14
		5.7	6.5	9.7	18
		5.6	6.4	10	18
		6.8	7.7	11	22
		8.1	9.2	13	26
		9.5	11	15	30
		11	13	18	35
		13	14	20	41
		13	14	20	47
		13	14	20	54
		13	14	20	54
		14	16	23	61
		16	18	26	68
		19	20	28	76
		20	11	32	84
		19	21	30	79
		20	23	33	87
		22	25	36	95
		24	28	39	104
		26	30	42	113
		28	32	46	122
		31	35	49	131
		33	38	53	141
		35	40	57	151
		38	43	61	162

o Ektra- zitra- vonat- kozik	W m- ben	T kg-ban egy folyóméter hossza			
		f.	n. f.	f.	n. f.
		d = 1	d = 1'25	d = 1'5	d = 2
		d = 1	d = 1'25	d = 1'5	d = 2
		0.2	0.8	0.8	0.4
		0.5	0.6	0.7	0.9
		0.8	1	1.2	1.6
		1.3	1.6	1.9	2.5
		1.8	2.3	2.7	3.6
		2.5	3.1	3.7	4.9
		3.2	4	4.8	6.4
		4.1	5.1	6.1	8.1
		4	5	6	8
		4.8	6.1	7.3	10
		5.8	7.2	8.6	12
		6.8	8.5	10	14
		7.8	9.8	12	16
		9	11	14	18
		9	11	13	18
		10	13	15	20
		11	14	17	23
		13	16	19	25
		14	17	21	28
		13	17	20	26
		15	18	22	29
		16	22	24	32
		17	22	26	35
		18	23	28	38
		19	25	30	41
		20	26	32	44
		22	27	35	47
		24	29	38	50
		25	32	41	54
		27	34	44	58

A táblázat alján itt is jelzi, hogy „terhelt vagy megtámasztott falaknál 1/3-dal, vasbetonnál 1/2-el nagyobb töltet veendő”.

<sup>372</sup> Uo., IV. sz. tábla, 232–233.



85. ábra

A fal- és sziklarobbanás nyújtott töltetének nomogramja<sup>373</sup>

A *Műszaki oktatás* ezenkívül tárgyalja a „fürt töltetekkel” való robbantást, ahol 50 cm furatmélységig próbarobbanás alapján kell az alkalmazandó töltet tömegét meghatározni (ha erre nincs idő, akkor a furat 1/3, 1/4 részének robbanóanyaggal való feltöltését ajánlja). Az 50 cm-nél hosszabb furatok töltésére szolgáló robbanóanyag tömegét a [42]-es képlet szerint kell meghatározni. A furatok egymástól való távolságát 1,5-2,0 -szeres „falköz”-ben határozza meg.

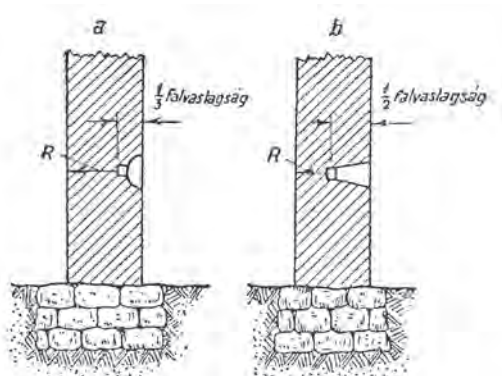
A *Haditechnikai alapismeretek* I. kötete (1929) a *Műszaki oktatás*ban ismertetett képleteket közli a fal- és sziklarobbanások végrehajtására.

A *Robbantási segédlet* (1950) szerint téglá-, kő-, beton- és vasbeton elemek külső és belső töltetekkel robbanthatók. A töltet tömegét „a fal, oszlop vagy gerenda vastagsága szerint kell számítani, nagysága ezen kívül függ a töltet elhelyezésétől (külső vagy belső) és a robbantandó építmény anyagának szilárdságától”.<sup>374</sup>

<sup>373</sup> E-34 (*Műsz. okt. műsz.*) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. II. rész + Mellékletek.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928–1929, Töltétszámítási nomogramok, VIII. tábla, 10.

<sup>374</sup> *Robbantási segédlet.* Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950, 138.

Külső töltet alkalmazása esetén a szerkezetnek a töltet helyénél mért teljes vastagsága az átütendő vastagság. Belső töltetknél azt a vastagságot kell átütendő vastagságként figyelembe venni, „melyet a töltetnek ki kell robbantania a fal teljes átütéséhez”. Például ha a falvastagság 1/3 részének mélységéig helyezzük be egy töltetet, akkor ez a fennmaradó 2/3 rész (86. számú ábra).



86. ábra

Belső töltetek a falban<sup>375</sup>

R: a fal számítandó vastagsága

A töltet tömege az alábbiak szerint határozható meg:

- az átütendő vastagság m-ben mért értékét köbre emeljük, majd megszorozzuk a 24. számú táblázatban található (a töltet elhelyezésétől és a robbantandó szerkezet anyagától függő) tényezővel; ezáltal az alkalmazandó TNT-töltet tömegét kapjuk kg-ban;
- fojtás nélküli töltet esetén a számított érték dupláját kell venni.

24. táblázat

A töltet elhelyezésétől és a fal anyagától függő tényező<sup>376</sup>

A töltet elhelyezése \ A fal anyaga	Alacsony szilárdságú mészhabarcába rakott téglafal	Közepes szilárdságú cementhabarcába rakott téglafal	Szilárd kőfalbeton
	Külső töltet fojtással:	2.5–3.5	4.5–7.0
Belső töltet fojtással:	1.0–1.5	2.0–3	3–5

A tégl-, kő- és betonfalak (összpontosított) töltettel történő robbantásához szükséges robbanóanyag-mennyiségek gyors meghatározását egy táblázat is segíti (lásd 25. táblázat).

A táblázat alján a szerző az alábbi megjegyzéseket teszi:

- Kis szilárdságú téglafalak robbantásához a közepes szilárdságú falakhoz megadott töltet fele elegendő.
- Többemeletes épület földszinti falainak robbantásához a táblázat szerint kapott adatokat 25%-kal meg kell növelni.
- A szomszédos összpontosított töltetek egymástól való távolsága a számítandó falvastagság kétszerese legyen.

<sup>375</sup> Uo., 117. sz. ábra, 138.

<sup>376</sup> Uo., 6. sz. táblázat, 139.

25. táblázat

Tégla-, kő- és betonfalak robbantásához szükséges összpontosított töltetek nagysága<sup>377</sup>

Előállási vonal (m-ben)		A töltet súlya kg-ban										
Külső töltet	Külső töltet az alapozáshoz helyesve	Töltet faszekrény vagy barakzdásba beosztva	Közepes szilárdságú téglafal									
			elhelyezésétől és fojtásától függően									
			(cement habarcsban)									
			Szállard kő vagy betonfal									
			Töltet a fal 1/3 vastagságában, töltőváltásban									
			Töltet a fal 1/2 vastagságában, töltőváltásban									
			Töltet a fal 1/2 vastagságában, töltőváltásban									
			Támfal mögötti helyezett töltet									
0-5	1-2	0-6	0-7	0-5	0-5	0-37	0-4	0-35	0-3	0-25	0-37	0-3
0-6	2-0	1-0	0-9	0-9	9-7	0-75	0-75	0-6	0-65	0-45	0-7	0-65
0-7	3-2	1-6	1-1	1-4	1-1	1-2	1-2	1-0	0-9	0-7	1-1	0-9
0-8	4-7	2-4	1-75	2-1	1-6	1-7	1-7	1-5	1-3	1-0	1-6	1-3
0-9	6-4	3-2	2-6	2-8	2-2	2-3	2-3	2-0	1-8	1-4	2-2	1-8
1-0	10-4	5-2	5-8	4-6	3-5	3-7	3-7	3-2	2-9	2-3	3-5	2-9
1-1	14-6	7-3	8-2	6-5	4-9	5-2	5-2	4-6	4-1	3-3	4-9	4-1
1-2	10-0	9-5	10-6	8-5	6-4	6-8	6-8	6-0	5-4	4-3	6-4	5-4
1-3	25-0	12-5	13-8	11-0	8-2	8-8	8-8	7-7	7-0	5-5	8-2	7-0
1-4	30-0	15-0	16-8	13-4	10-0	10-8	10-8	9-3	8-4	6-7	10-0	8-4
1-5	38-2	19-1	21-2	17-0	12-7	12-7	12-7	12-0	10-5	8-5	12-7	10-5
1-6	45-0	22-5	25-0	20-0	15-0	16-0	16-0	14-0	12-5	10-0	15-0	12-5
1-7	55-0	27-5	30-6	24-5	18-4	19-6	19-6	17-2	15-4	12-2	18-4	15-4
1-8	65-4	32-7	36-4	29-0	21-8	23-3	23-3	20-4	18-0	14-8	21-8	18-0
1-9	77-0	38-5	42-5	34-0	25-5	27-2	27-2	23-8	21-2	17-0	25-5	21-2
2-0	90-0	45-0	50-0	40-0	30-0	32-0	32-0	28-0	25-0	20-0	30-0	25-0
0-5	2-8	1-4	1-6	1-3	1-3	0-95	1-0	0-9	0-8	0-6	0-95	0-8
0-6	4-2	2-1	2-3	1-9	1-9	1-4	1-5	1-3	1-2	0-95	1-4	1-2
0-7	7-7	3-85	4-3	3-5	3-5	2-6	2-75	2-4	2-2	1-7	2-6	2-2
0-8	10-0	5-0	5-6	4-5	4-5	3-35	3-6	3-2	2-8	2-25	3-35	2-8
0-9	17-0	8-5	9-4	7-5	7-5	3-35	6-0	5-3	4-65	3-75	5-6	4-65
1-0	20-5	10-25	11-2	9-0	8-0	6-8	7-2	6-4	5-6	4-5	6-8	5-6
1-1	22-0	11-0	13-2	10-6	10-6	8-0	8-5	7-5	6-7	5-3	8-0	6-7
1-2	31-0	15-5	17-2	13-8	13-8	10-4	11-0	9-7	8-6	6-9	10-4	8-6
1-3	39-2	19-6	21-8	17-5	17-5	13-0	14-0	12-2	11-0	8-7	13-0	11-0
1-4	48-8	24-0	27-0	21-7	21-7	16-2	17-4	15-2	13-5	10-8	16-2	13-5
1-5	61-0	30-5	34-0	27-2	27-2	20-4	21-8	19-0	17-0	13-6	24-0	17-0
1-6	67-5	34-0	37-5	30-0	30-0	22-5	24-0	21-0	18-6	15-0	22-5	18-6
1-7	78-0	39-0	43-0	34-5	34-5	26-0	27-6	24-2	21-5	17-2	26-0	21-5
1-8	89-0	44-5	49-5	39-5	39-5	29-6	31-5	27-6	24-6	19-8	29-6	24-6
1-9	106-0	53-0	60-0	47-6	47-6	35-8	38-0	33-4	30-0	23-8	35-8	30-0
2-0	126-0	63-0	70-0	56-0	56-0	42-0	45-0	39-4	35-0	28-0	42-0	35-0
2-1	136-0	68-0	76-0	61-0	61-0	46-0	49-0	43-0	38-0	31-0	46-0	38-0
2-2	148-0	74-0	83-0	66-0	66-0	49-5	53-0	46-0	41-5	33-0	49-5	41-5

A *Segédlet* ebben az alfejezetben nem említi a tárgyalt szerkezeti elemek nyújtott töltettel történő robbantásának lehetőségét. Erre csak a *Falak és kisebb építmények robbantása* című alfejezetben kerül sor, mikor 0,5 m-ig terjedő falvastagság esetén ezt a robbantási módot is ismerteti.

<sup>377</sup> *Uo.*, 7. sz. táblázat, 140–141.

Ugyancsak a fenti alfejezet rögzíti, hogy az összpontosított töltetek egymástól való távolsága a kétszeres falvastagság.

Az *E.-mű. I. Ideiglenes robbantási utasítás* (1950) már sokkal konkrétabban tárgyalja a kérdést, mint a *Segédlet*. Kimondja, hogy „tégla-, kő- és betonépítmények robbantása a robbantandó tárgy felületére helyezett külső- vagy aknakamrába, barázdába, töltővájatokba, csövekbe, fűrt vájatokba, lyukakba helyezett belső töltetekkel történhet. Alakjukat tekintve ezek a töltetek lehetnek összpontosítottak vagy nyújtottak.”<sup>378</sup>

Az összpontosított töltet számítása:

$$C = \alpha \times \beta \times R^3 \quad [44]$$

C: a TNT-töltet tömege kg-ban;

$\alpha$ : szilárdsági tényező, az anyag minőségének és 'R' értékének függvényében (26. számú táblázat);

$\beta$ : fojtási tényező (27. számú táblázat);

R: rombolási sugár m-ben (a töltet középpontjától számítva); értékét 0,5-nél kisebbre venni nem célszerű.

26. táblázat

*Az  $\alpha$  szilárdsági tényező értékei*<sup>379</sup>

Robbantandó fa anyaga:	R nagysága méterben				
	0,5-ig	0,5- 1,0	1,0- 1,5	1,5- 2,0	2,0- től
Kis szilárdságú fal: (tégla, mészhabarecsal)	1,0-től 1,5-ig				
Közepes szilárdságú fal: (tégla, cementhabarecsal)	2,0-től 3,0-ig				
Szilárd kőfal cementhabarecsal, beton, szikla:	5	4,5	4	3,5	3

<sup>378</sup> *E.-mű. I. Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 146. pont, 171.

<sup>379</sup> *Uo.*, 14. sz. táblázat, 172.



27. táblázat  
A  $\beta$  fojtási tényező értékei<sup>380</sup>

A töltet elhelyezése	Fajlás nélkül		Fajtva	
	A robbantási keresztmetszet	$\beta$	A robbantási keresztmetszet	$\beta$
Szabadon felfektetve . . . . .		4,5		2,25
Az alapra fektetve . . . . .		2,5		2,0
Részekben vagy barázdában . . . . .		2,0		1,5
A fal vastagságának 1/3-áig beeresztve . . . . .		1,6		1,4
Támfal mögött felfektetve . . . . .		1,5		1,25
Ugyanúgy, de fészekbe eresztve . . . . .		1,25		1,0
A fal közepében aknában vagy furatban . . . . .		1,25		1,0

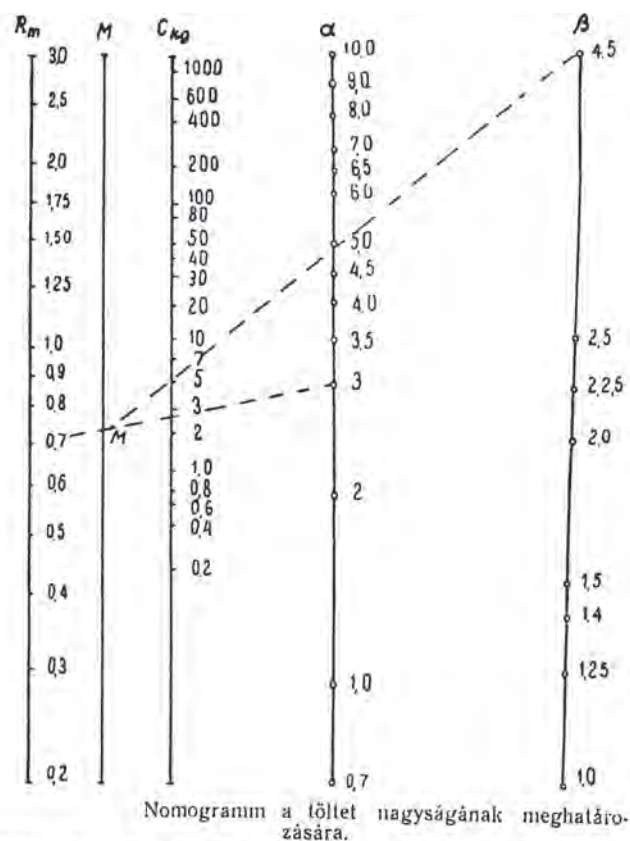
A tervezés megkönnyítését itt is egy töltettáblázat (28. táblázat), valamint egy nomogramm (87. ábra) segíti.

28. táblázat  
Összpontosított töltet nagysága  $\beta$  és R különböző értékei mellett<sup>381</sup>

R m-ekben	A értékei											
	1,0	1,25	1,4	1,5	1,6	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
0,5	0,13	0,16	0,18	0,19	0,20	0,25	0,28	0,32	0,38	0,44	0,50	0,56
0,6	0,22	0,27	0,30	0,33	0,35	0,43	0,49	0,54	0,65	0,76	0,87	0,97
0,7	0,34	0,43	0,49	0,52	0,55	0,69	0,78	0,86	1,00	1,17	1,33	1,50
0,8	0,51	0,64	0,72	0,77	0,82	1,04	1,15	1,28	1,53	1,79	2,04	2,33
0,9	0,73	0,91	1,04	1,09	1,17	1,46	1,64	1,82	2,19	2,55	2,92	3,28
1,0	1,01	1,25	1,40	1,50	1,60	2,00	2,25	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50
1,1	1,32	1,65	1,85	1,98	2,11	2,64	2,97	3,30	3,96	4,62	5,28	5,94
1,2	1,72	2,15	2,41	2,58	2,75	3,44	3,87	4,30	5,16	6,02	6,88	7,74
1,3	2,20	2,72	3,08	3,30	3,52	4,40	4,95	5,50	6,60	7,70	8,80	9,90
1,4	2,74	3,42	3,84	4,12	4,48	5,40	6,16	6,84	8,24	9,60	10,96	12,32
1,5	3,37	4,21	4,82	5,06	5,40	6,48	7,35	8,16	9,84	11,52	13,20	14,88
1,6	4,10	5,12	5,75	6,15	6,56	7,92	9,00	10,08	12,24	14,40	16,56	18,72
1,7	4,90	6,12	6,85	7,36	7,85	9,60	11,05	12,24	14,72	17,15	19,60	22,10
1,8	5,84	7,30	8,18	8,76	9,36	11,36	13,05	14,60	17,52	20,45	23,36	26,30
1,9	6,86	8,57	9,64	10,30	11,00	13,32	15,20	17,14	20,60	24,00	27,44	30,80
2,0	8,00	10,00	11,20	12,00	12,80	16,00	18,00	20,00	24,00	28,00	32,00	36,00

<sup>380</sup> Uo., 15. sz. táblázat, 173.

<sup>381</sup> Uo., 16. sz. táblázat, 175.



Példa: Adva  $R = 0,7$  m vastag közepes szilárdságú fal,  $\alpha = 3$ . A töltet fojtás nélküli  $\beta = 4,5$  az  $R$  skálán összekötjük a  $0,7$  pontot az  $\beta$  skála 3-as pontjával, a kisegítő  $M$  skálán megkeressük az  $M$  metszéspontot. Az  $M$  pontot a  $\alpha$  skála 4,5 pontjával összekötve, a  $C$  skálán leolvashatjuk a töltet súlyát.  $C = 5$  kg.

87. ábra

Nomogramm a töltet nagyságának meghatározására<sup>382</sup>

A táblázat érdekessége, hogy  $\alpha = 1$  esetére tartalmazza az értékeket, a kiegészítő utasítás szerint ettől eltérő esetben pedig a táblázatból kikeresett robbanóanyag-mennyiséget még az adott anyagminőségénél szereplő számmal meg kell szorozni.

A nyújtott töltet számítása:

$$C = \alpha \times \beta \times R^2 \times 1 \quad [45]$$

$C$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ : a [42]-es képletnél tárgyaltak szerint;

$R$ : a robbantás hatósugara  $m$ -ben (a nyújtott töltet hossz tengelyétől számítva).

A *Mű/2. Robbantási utasítás* (1965) két változást vezet be az *E.-mű. I.*-hez képest: a külső, szabadon felfektetett tölteteknél alkalmazásra javasolja a kumulatív tölteteket is, valamint időhiány esetén a közbehelyezett töltettel történő robbantást.

Az összpontosított töltetek számítása:

$$C = A \times B \times R^3 \quad [46]$$

$C$ : az összpontosított TNT-töltet tömege  $kg$ -ban;

$A$ : a robbantandó anyag tulajdonságaitól és az alkalmazott robbanóanyagtól függő tényező (28. számú táblázat);

$B$ : a töltet elhelyezésétől függő fojtási tényező (29. számú táblázat);

$R$ : a robbolás sugara  $m$ -ben (számítása a fojtási tényezők táblázatában meghatározottak szerint történik; megjegyzendő, hogy ezt a *Robbantási segédlet* szerint, az átütendő vastagság meghatározásánál leírtak alapján rögzíti).

<sup>382</sup> *Uo.*, 96. sz. ábra, 176.



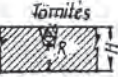


28. táblázat  
Az 'A' szilárdsági tényező értékei<sup>383</sup>

R m-ekben	A értékek											
	1,0	1,25	1,4	1,5	1,6	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
0,5	0,13	0,16	0,18	0,19	0,20	0,25	0,28	0,32	0,38	0,44	0,50	0,56
0,6	0,22	0,27	0,30	0,33	0,35	0,43	0,49	0,54	0,65	0,76	0,87	0,97
0,7	0,34	0,43	0,49	0,52	0,55	0,69	0,78	0,86	1,00	1,17	1,33	1,50
0,8	0,51	0,64	0,72	0,77	0,82	1,04	1,15	1,28	1,53	1,79	2,04	2,30
0,9	0,73	0,91	1,04	1,09	1,17	1,46	1,64	1,82	2,19	2,55	2,92	3,28
1,0	1,01	1,25	1,40	1,50	1,60	2,00	2,25	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50
1,1	1,32	1,65	1,85	1,98	2,11	2,64	2,97	3,30	3,96	4,62	5,28	5,94
1,2	1,72	2,15	2,41	2,58	2,75	3,44	3,87	4,30	5,16	6,02	6,88	7,74
1,3	2,20	2,72	3,08	3,30	3,52	4,40	4,95	5,50	6,60	7,70	8,80	9,90
1,4	2,74	3,42	3,84	4,12	4,48	5,40	6,16	6,84	8,24	9,60	10,96	12,32
1,5	3,37	4,21	4,82	5,06	5,40	5,74	7,59	8,42	10,12	11,80	13,46	15,18
1,6	4,10	5,12	5,75	6,15	6,56	8,20	9,22	10,24	12,30	14,40	16,40	18,45
1,7	4,90	6,12	6,85	7,36	7,85	9,80	11,05	12,24	14,72	17,15	19,60	22,10
1,8	5,84	7,30	8,18	8,76	9,36	11,68	13,15	14,60	17,52	20,45	23,36	26,30
1,9	6,86	8,57	9,64	10,30	11,00	13,72	15,40	17,14	20,60	24,00	27,44	30,80
2,0	8,00	10,00	11,20	12,00	12,80	16,00	18,00	20,00	24,00	28,00	32,00	36,00

<sup>383</sup> Mű/2. Robbantási utasítás. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965, 19. sz. táblázat, 134.

29. táblázat

A 'B' fojtási tényező értékei a töltetek elhelyezésének különböző eseteiben<sup>384</sup>

Elhelyezési vázlat és a töltetek megnevezése	„B” tényező értéke		A rombolási sugár számított nagysága
	Fojtás nélkül	Fojtással	
1	2	3	4
Külső töltet 	0,0	5,0 (6,5)	$R = H$
Fészekben (a robbantandó szerkezet felületével egy szinten) elhelyezett töltet 	5,0	3,5	$R = H$
A robbantandó szerkezet vastagságának 1/3-ával egyenlő mélységben elhelyezett töltet <sup>1</sup> fojtás 	1,7	1,5	$R = \frac{2}{3} H$
A robbantandó szerkezet közepében (aknaesőben, robbantólyukban, kamrában) elhelyezett töltet <sup>1</sup> fojtás 	1,3	1,15	$R = \frac{1}{2} H$
A fal mögötti aknában (talajban) elhelyezett töltet <sup>1</sup> fojtás 	1,7	1,5	$R = H$

## Megjegyzések:

1. A zárójelben feltüntetett „B” értéket vasbeton robbantásához használt töltetek számításánál alkalmazzuk.
2. Külső töltetknél a (talajból, homokzsákokból stb.) készült fojtási réteg vastagsága ne legyen kisebb az R-nél.

Az összpontosított töltetekre vonatkozó további előírások:

- a tárgyalt építési anyagokból készült lemezekben és falakban való nyílás átlukasztásához a [46]-os képlet által meghatározott robbanóanyag-mennyiség 2-3-szorosát kell venni (a keletkező nyílás átmérője így kb. a fálvastagság kétszerese lesz);
- ha az átlukasztandó szerkezetben rombolásgátló burkolat található (T és U tartók, sínek stb.), akkor a [46]-os képlettel számított töltet hatszorosát kell venni.

A nyújtott töltetek számítása:

$$C = 0,5 \times A \times B \times R^2 \times l \quad [47]$$

C, A, B, R: a [46]-os képletnél tárgyaltak szerint;

l: a töltet hossza m-ben.

<sup>384</sup> Uo., 20. sz. táblázat, 135–136.

Amennyiben a nyújtott töltet hossza nem haladja meg a számított rombolási sugár kétszeresét, a [47]-es képletet a 0,5-ös szorzótényező nélkül kell alkalmazni.

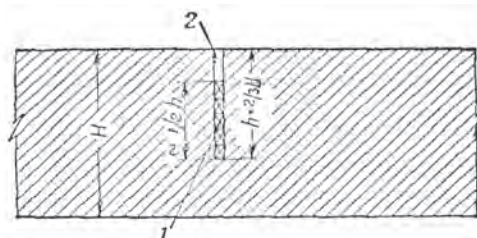
Az építési anyagból készült szerkezetek rombolása fűrt lyukban elhelyezett töltetekkel is történhet, melynek képlete:

$$C = K \times h^3 \quad [48]$$

C: a TNT töltet tömege kg-ban;

K: a robbantandó szerkezet szilárdságától és vastagságától, valamint az alkalmazott robbanóanyag tulajdonságaitól függő tényező (30. táblázat);

h: a fűrt lyuk mélysége m-ben (88. ábra).



88. ábra

Fűrt lyukban elhelyezett töltet<sup>385</sup>

1: töltet; 2: fojtás

30. táblázat

A 'K' tényező értékei fűrt lyukba elhelyezett töltetek számításához<sup>386</sup>

(közepes hatóerejű robbanóanyagnál)

A robbantandó szerkezet vastagsága, m	A fűrt lyukak normál mélysége, m	A K tényező értéke			
		Tégla-rakás	Kőrakás	Beton	Vasbeton <sup>1</sup>
0,5	0,35	1,20	1,46	1,58	1,70
0,6	0,40	1,18	1,22	1,32	1,40
0,75	0,50	0,86	1,00	1,08	1,12
0,90	0,60	0,60	0,76	0,81	0,87
1,0—1,2	0,65—0,80	0,58	0,65	0,70	0,76
1,3—1,5	0,85—1,00	0,50	0,58	0,63	0,68
1,6—1,7	1,05—1,15	0,47	0,54	0,58	0,62
1,8—2,0	1,20—1,40	0,43	0,52	0,52	0,56

<sup>1</sup> Beton rombolása az armatúra átszakítása nélkül (elttekintve a fűrt lyukak közvetlen közelében elhelyezkedő vasalástól).

A Mű/213. Robbantási utasítás (1971) lényegében a Mű/2.-ben foglaltak szerint tárgyalja az építési anyagokból készült szerkezetek rombolását. Az alábbi eltérések találhatók:

- a 'B' fojtási tényező értékeit tartalmazó táblázat kibővült a fal mellett szabadon felfektetett töltetekkel;<sup>387</sup>
- az építési anyagból készült szerkezeteket abban az esetben kell nyújtott töltettel robbantani, „ha a robbantandó szerkezet szélessége kétszer vagy annál többször nagyobb vastagságuknál”;<sup>388</sup>
- változtak a 'K' tényező értékei a fűrt lyukas robbantásnál.<sup>389</sup>

Az összpontosított töltet elhelyezésének vázlatja a 89., a nyújtott tölteté pedig a 90. ábrán látható.

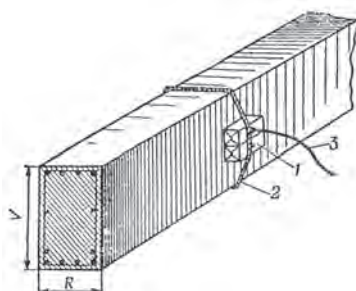
<sup>385</sup> Uo., 95. sz. ábra, 137.

<sup>386</sup> Uo., 21. sz. táblázat, 138.

<sup>387</sup> Mű/213. Robbantási utasítás. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971, 9. sz. táblázat, 120–121.

<sup>388</sup> Uo., 148. pont, 122.

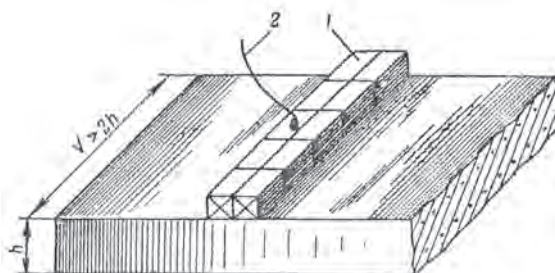
<sup>389</sup> Uo., 10. sz. táblázat, 124.



89. ábra

Vasbeton gerenda robbantása szabadon felfektetett összpontosított töltettel<sup>390</sup>

1: töltet; 2: fémhuzal (zsineg); 3: szerelt gyutacs



90. ábra

Vasbeton lap robbantása külső, szabadon felfektetett nyújtott töltettel<sup>391</sup>

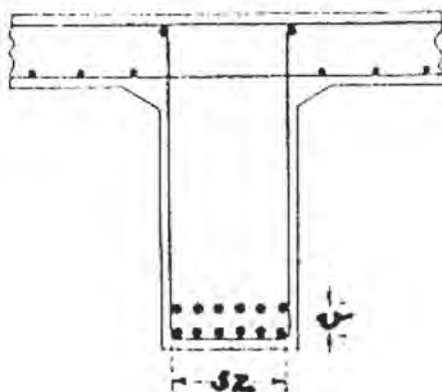
1: töltet; 2: szerelt gyutacs

### 2.3.2. Vasbeton elemek robbantása

Először a *Műszaki oktatás* (1928) foglalkozott a vasbeton szerkezetek robbantásának sajátosságaival.

Amennyiben ismerjük a vasbeton tárgy keresztmetszetében a vasalás elhelyezkedését, úgy a vasalt részt (különösen, ha húzott vasbetéteket tartalmaz) teljes egészében vasnak tekintve robbantjuk át. A [20]-as képlet szerint kell a töltetmennyiséget meghatározni, ahol

- $v$ : „a töltet fekvési helyétől a még átütendő legtávolabb eső vasszalig mért távolság cm-ben”,<sup>392</sup>
- $sz$ : „a két szélső vasbetét külső szálainak egy mástól való távolsága cm-ben” (91. számú ábra).



91. ábra

Vasbeton elem robbantása a vasalás teljes átszakításával (a vasrobbantás képletével számolva)<sup>393</sup>

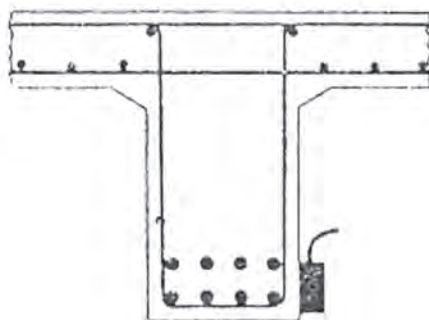
<sup>390</sup> Uo., 76. sz. ábra, 118.

<sup>391</sup> Uo., 77. sz. ábra, 122.

<sup>392</sup> E-34 (*Műsz. okt. műsz.*) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928–1929, 375. pont, 260.

<sup>393</sup> Uo., 169. sz. ábra, 261.

A robbantási keresztmetszetet lehetőleg a gerenda közepén kell megválasztani, mert itt számíthatunk arra, hogy a húzott acélszálak legnagyobb része a gerenda alsó részén van beágyazva. Amennyiben nem állnak adatok rendelkezésre a vasalásról, úgy előrobbantással kell a szerkezetet feltárni. A töltet elhelyezése ebben az esetben a 92. számú ábrán látható.



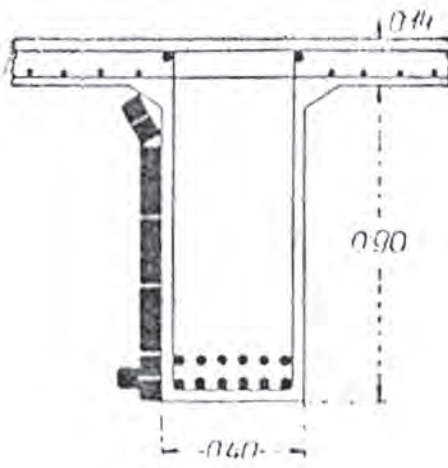
92. ábra

*Töltet elhelyezése a vasbeton szerkezeten vasalást feltáró robbantás esetén*<sup>394</sup>

A robbantás biztonsága fokozható a gerenda felső részében lévő nyomott vasbetéteknek az alsó részen található húzott szálakkal egyszerre történő átütésével. A fenti elvek figyelembevételével számított tölteteket ebben az esetben úgy kell elhelyezni, hogy azokat az átütendő vastagságnak megfelelő eltolással erősítsük fel a húzott vasalást romboló töltetkezéssel.

A teljes átütést biztosító töltet tömege úgy csökkenthető, „hogy a töltet fekvési felületén 1-2 sor ekra-zittölténnyel a vasbetétig terjedő (...) betonréteget lerobbantjuk”<sup>395</sup>

Amennyiben akár a rendelkezésre álló idő, akár a robbanóanyag kevés, a vasbeton szerkezetek rombolhatók a betonnak a vasbetétek közül történő kiütésével. A legcélszerűbb a nyújtott töltet alkalmazása, mely a robbantandó keresztmetszetet teljesen átfedi. A töltet tömege a [43]-as képlettel számítandó, de a 'c' szilárdsági tényező értékét 1,5-tel meg kell szorozni. A töltet elhelyezése a 93. ábrán látható.



93. ábra

*A nyújtott töltet elhelyezése vasbeton szerkezeten, betonkiütés esetén*<sup>396</sup>

Harmadik módszerként említi a *Műszaki oktatás* a kettős robbantást, amikor első lépésként kiütjük a betont a szerkezetből, majd az így szabadabbá vált vasalást a vasrobbantás szabályai szerint újból szereljük robbantáshoz.

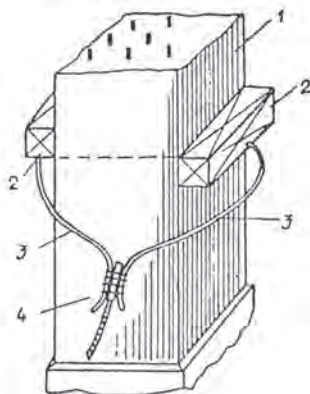
A *Haditechnikai ismeretek* I. kötete (1929) a *Műszaki oktatás*ban tárgyalt három módszert ismerteti a vasbeton szerkezetek robbantására.

<sup>394</sup> *Uo.*, 168. sz. ábra, 260.

<sup>395</sup> *Uo.*, 262.

<sup>396</sup> *Uo.*, 171. sz. ábra, 264.

A *Robbantási segédlet* (1950) szintén a fenti három módszert ajánlja a vasbeton elemek robbantására. Kiemeli, hogy a vasalás teljes átütéséhez nagy töltetekre van szükség, ezért meg kell vizsgálni, mely szerkezeteknél indokolt ennek végrehajtása. Véleménye szerint oszlopok esetén csak akkor szükséges a vasbetétek átütése, ha azok „I” vagy „U” vasból készültek. Egyszerű gömbvas betétek esetén a vasalás nem lesz képes megtartani a rajta nyugvó terhet, ha kiütjük a betont a szerkezetből. Vasbeton gerendák esetén viszont általában szükséges a vasbetétek átütése. A töltetet a vasrobbantás szabályai szerint kell számítani, a teljes vastagságot vasnak tekintve. „Az oszlopok és gerendák átütéséhez a tölteteket két oldalt arányosan eltolva helyezük el ugyanúgy, mint az acélsodronyok robbantásánál”<sup>397</sup> (94. ábra).



94. ábra

Vasbeton oszlop teljes átütése<sup>398</sup>

1: oszlop; 2: töltetek; 3: durranó gyújtószinór; 4: szerelt gyutacs

A beton kiütésére „a külső tölteteket ugyanúgy számítjuk ki, mint a beton robbantásánál, de vasbeton gerendák és oszlopok robbantásánál a meghatározott töltet kétszeresét vesszük, vasbeton falakon és födémeken való nyílások átütésénél pedig annak hatszorosát”<sup>399</sup>.

Kettős robbantásnál az alkalmazandó eljárás megegyezik a *Műszaki oktatásban* tárgyaltakkal. A tervezés megkönnyítését itt is egy számítási táblázat szolgálja (31. táblázat).

31. táblázat

Töltettáblázat vasbeton szerkezeti elemek robbantásához<sup>400</sup>

Az oszlop átmérője vagy a fal (födém) vastagsága m-ben	Gerendák és oszlopok robbantása		Vasbetonfalak és födémek beton- jának kiütésére fojtás nélkül számított töltet kg-ban*
	Töltet a beton kiütésére kg-ban	Töltet a gerenda (oszlop) teljes átütésére kg-ban	
0.3	1.4	2x22	—
0.4	2.0	2x40	—
0.5	5.0	2x62	18.0
0.6	8.4	2x90	28.0
0.7	15.4	—	42.0
0.8	20.0	—	64.0
0.9	34.0	—	92.0
1.0	41.0	—	124.0
1.1	—	—	180.0
1.2	—	—	230.0
1.3	—	—	300.0
1.4	—	—	365.0
1.5	—	—	460.0

\* Megjegyzés: A fojtás alkalmazásával a töltetet felére csökkenthetjük.

<sup>397</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 143.

<sup>398</sup> *Uo.*, 118. sz. ábra, 144.

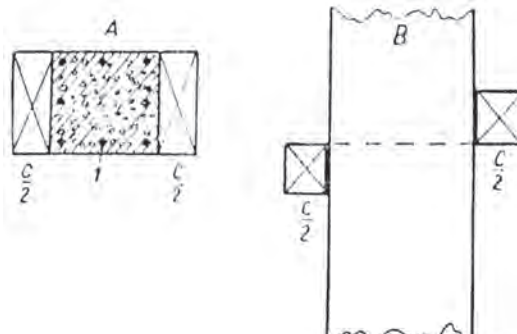
<sup>399</sup> *Uo.*, 143.

<sup>400</sup> *Uo.*, 8. sz. táblázat, 143.



Az *E.-mű. I. Robbantási utasítás* (1950) is a már ismert három módszert ajánlja vasbeton elemek robbantására. „Merev vasalású és nem nagy keresztmetszetű vasbetonszerkezeteknél együtt robbantandó a vas és a beton. A töltetet a vas robbantás képlete szerint kell kiszámítani.”<sup>401</sup>

Erősebb, hajlékony vasalás esetén a töltet tömegét duplájára kell növelni, és megosztva (egymáshoz viszonyítva eltolva) kell felerősíteni a robbantandó elem két szemközti oldalára (95. ábra).



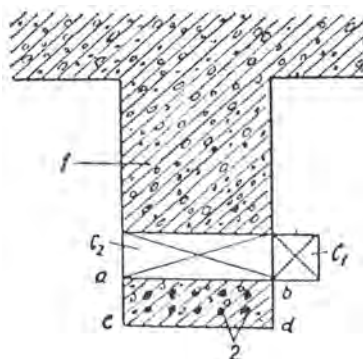
95. ábra

*Vasbeton tartó robbantása megosztott töltettel*<sup>402</sup>

A: keresztmetszet; B: oldalnézet; C/2: megosztott töltetek; 1: a vasalás gömbvasai

A betonkiütés esetén a [44]-es képlet szerint számított robbanóanyag-mennyiséget a duplájára kell növelni, ha négy szabad felülettel rendelkező elemet kell rombolni (pl. oszlop, gerenda). Két szabad felülettel rendelkező építményeknél (pl. erődítési építmények) a számított töltet hatszorosát kell venni, de ez is csak  $R = 1$  m vastagságig alkalmas a szerkezet átütésére. Betonkiütést csak abban az esetben enged meg az *E.-mű. I.*, ha a vasalások keresztmetszetének összege nem haladja meg a gerenda egész keresztmetszetének 5%-át, valamint a legfeljebb 20 mm átmérőjű gömbvasak közötti távolság legalább 5 cm.

Kettős robbantási módszer esetén először a betont ütik ki a szerkezetből a [44]-es képlet szerint számított robbanóanyag-mennyiség  $2/3$ -ával. Ezután a vasrobbantás szabályai szerint kell a második töltet(ek) tömegét meghatározni az armatúra minden elemének robbantásához (96. ábra).



96. ábra

*Vasbeton tartó kettős robbantása*<sup>403</sup>

1: borda; 2: vasalás; C<sub>1</sub> és C<sub>2</sub>: töltetek

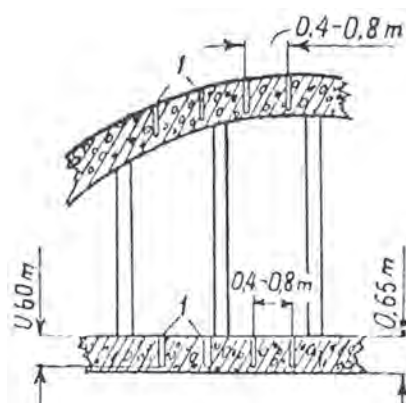
Érdekesség, hogy az *E.-mű. I.* a fűrt lyukas vasbetonrobbantási módszert is megemlíti, hangsúlyozva azonban annak időigényességét. A tölteteket maximum 4 cm átmérőjű lyukakba helyeztetni, melyek egymástól való távolsága a vasalás erősségének függvényében 0,4-0,8 m. „A lyukakat teljes hosszúságukban töltényekkel kell tölteni. 1 fm lyukhosszra 1 kg robbanóanyagot kell számítani.”<sup>404</sup> Az utasítás kiemeli, hogy ebben az esetben csak azon vasszerkezetek átszakítása biztosított, melyek közvetlenül érintkeztek a töltetekkel. A furatok mélységének néhány cm-rel rövidebbnek kell lennie az elem teljes vastagságánál (97. ábra).

<sup>401</sup> *E.-mű. I. Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 155. pont, 179.

<sup>402</sup> *Uo.*, 101. sz. ábra, 179.

<sup>403</sup> *Uo.*, 99. sz. ábra, 178.

<sup>404</sup> *Uo.*, 154. pont, 179.



97. ábra

Vasbeton szerkezetek robbantása fűrt lyukba helyezett töltetekkel<sup>405</sup>

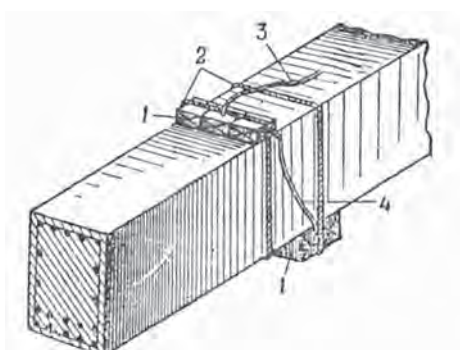
I: fűrt lyukak

A *Mű/2. Robbantási utasítás* (1965) már az építési anyagokból készült szerkezetek robbantásának tárgyalásánál külön figyelmet fordít a vasbeton szerkezetek rombolására, amennyiben külön 'A' tényezőt állapít meg úgy a beton kiütésére, mint a vasalás részleges átszakítására. Ezáltal betonkiverés esetén a számított robbanóanyag tömege több mint háromszorosa lesz az építészeti és több mint 2,5-szerese az erődítési beton robbantására megállapítottnak. A vasalás részleges átszakítása esetén ugyanezen építőanyagokhoz viszonyítva a töltetnövekedés mértéke 13-szoros és 11-szeres.

Ennek ellenére a *Mű/2.* kiemeli, hogy még az 'A' tényező legnagyobb értéke mellett sem biztosítható a vasbeton elemek egész armatúrájának átszakítása. A teljes átütésre ebben az utasításban is a kettős robbantás módszerét ajánlják, valamint a szerkezet vasrobbantás szabályai szerinti rombolását.

A *Mű/213. Robbantási utasítás* (1971) a teljes szerkezet vasnak tekintését, a kettős robbantást és a megosztott töltetek alkalmazását ajánlja a vasbeton szerkezeti elemek teljes átütésére. Ez utóbbi módszernél a [46]-os vagy [47]-es képleteket alkalmazva, az  $A = 20$  értékével számolt robbanóanyag-töltetet két részre osztja, és azokat a robbantandó elem két oldalán, a teherviselő vasaláshoz minél közelebb elhelyezve, egymáshoz viszonyítva eltolva erősíti fel (98. ábra).

Az utasítás a kettős robbantásnál kiemeli, hogy az armatúra robbantására elhelyezendő második töltet számításánál csak a keresztmetszeti terület azon részét vegyük figyelembe, amely a vasalás fő tömegét tartalmazza (99. ábra). Megjegyzi, hogy erre a feladatra kiválóan alkalmazhatóak a kumulatív nyújtott töltetek is.



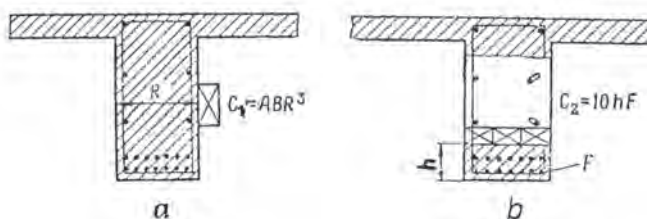
98. ábra

Vasbeton gerenda robbantása két részre osztott töltettel<sup>406</sup>

1: öltetek; 2: kötöződrót; 3: szerelt gyutacs; 4: összekötő durranó gyújtózsínór gyutaccsal

<sup>405</sup> *Uo.*, 100. sz. ábra, 178.

<sup>406</sup> *Mű/213. Robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971, 79. sz. ábra, 125.



99. ábra

Vasbeton elemek kettős robbantása<sup>407</sup>

a: a beton kirobbantása (első robbantás); b: a vasalás robbantása (2. robbantás);  $C_1$  és  $C_2$ : töltetek; F: a legjobban vasalt keresztmetszet felülete

### 2.3.3. Téglá-, kő-, beton- és vasbeton elemek robbantása közbehelyezett töltettel

A *Kézikönyv* (1903) az építési anyagból készült szerkezeti elemek robbantásánál nem említi a közbehelyezett töltetek alkalmazásának lehetőségét. Az építmények rombolásának tárgyalásakor viszont bemutatja a „szabad töltések” alkalmazását, amikor a robbanóanyag tömegét az épület belső térfogata, illetve alapterülete alapján állapítja meg ugyanúgy, mint ahogy ezt ma is tesszük az adott módszernél.

A *Műszaki oktatás* (1928) szintén csak az épületek, tornyok és kémények robbantásánál tesz említést a „belső helyiségekben elhelyezett aknákról” a *Kézikönyv*ben is tárgyalt elvek szerint.

A *Robbantási segédlet* (1950) ugyancsak a falak és kisebb építmények robbantási szabályainál foglalkozik a „szabadon elhelyezett töltetek” alkalmazásának elveivel. Ugyanez vonatkozik az *E.-mű. I. Ideiglenes robbantási utasításra* (1950) is.

Először a *Mű/2. Robbantási utasításban* (1965) jelenik meg a közbehelyezett összpontosított töltet képlete:

$$C = 10 \times A \times h \times r^2 \quad [49]$$

C: a TNT-töltet tömege kg-ban;

A: a robbantandó anyag tulajdonságaitól és az alkalmazott robbanóanyagtól függő tényező;

h: a legtávolabbi robbantandó elem vastagsága m-ben;

r: a töltet középpontja és a legtávolabbi robbantandó elem tengelyvonala közötti távolság m-ben.

„A téglából, kőből és nem armatúrázott betonból készült lapokban és falakban készíthető nyílások robbantásához szükséges közbehelyezett töltetek nagysága a [49] képlet szerint számított érték háromszorosa.”<sup>408</sup>

A *Mű/213. Robbantási utasítás* (1971) a *Mű/2.*-ben foglaltak alapján tárgyalja az építési anyagból készült szerkezetek közbe helyezett összpontosított töltetekkel történő robbantását.

### 2.3.4. Téglá-, kő-, beton- és vasbeton elemek víz alatti robbantása

A II. világháború előtti utasítások nem tárgyalták külön ezt a kérdést. Először a *Mű/2. Robbantási utasításban* (1965) jelennek meg az építési anyagból készült szerkezetek víz alatti robbantásának szabályai, az alábbiak szerint:

- Téglából, kőből és betonból készült szerkezetek szabadon felfektetett töltetekkel való robbantása esetén a víz alatt alkalmazandó töltetek tömege megegyezik a szabad levegőn lévő töltetekével.
- Vasbeton elemek víz alatti robbantása esetén (függetlenül a víz alatti mélységtől) a számított robbanóanyag-mennyiséget 1,5-tel meg kell szorozni.
- Téglából, kőből, betonból és vasbetonból készült szerkezetek közbehelyezett összpontosított töltetekkel víz alatt történő robbantása esetén a számított robbanóanyag mennyisége a 2/3-ára csökkenthető, ha a töltet legalább  $r/2$  mélységben van a víz alatt.

A *Mű/213. Robbantási utasítás* (1971) a *Mű/2.*-ben foglaltakkal megegyezően tárgyalja az építési anyagból készült szerkezetek víz alatti robbantását. Egyedül a közbehelyezett töltetekkel történő robbantás szabályainál található egy fordítási hiba: a töltet tömegének „másfélszeresére” csökkentését természetesen a fenti, 2/3-ra való csökkentésként kell érteni.

<sup>407</sup> Uo., 80. sz. ábra, 126.

<sup>408</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965, 158. pont, 140.

### 2.3.5. Részkövetkeztetések

Már az 1903-as *Kézikönyv* azonos elméleti alapokra helyezi a sziklából, illetve építési anyagokból készült szerkezetek robbantását és a földrobbantást. A töltet hatásmutatójának ( $n$ ) számítása tökéletesen megegyező a századfordulón alkalmazott  $n = r/v$ -vel; mai képlet:  $n = r/h$ ; a különbség csak annyi, hogy a legkisebb ellenállás vonalát akkor 'v'-vel, ma pedig 'h'-val jelöljük.

Ugyancsak felismerik a rombolási sugár és a töltetek száma közti azon összefüggést, hogy minél nagyobb a sugár értéke, annál kevesebb (de nagyobb tömegű) töltet, vagyis kevesebb előkészítési idő szükséges. A töltetek egymástól való távolságának maximum kétszeres rombolási sugár értékében való korlátozása is megegyezik mai elveinkkel.

Az 1928-as *Műszaki oktatás* elsősorban belső tölteteket javasol alkalmazni. Az elméleti alapok egyezését a földrobbantáséval itt is hangsúlyozza. A töltet tömegének meghatározásához alkalmazott [42]-es képlet megegyezik a mai [46]-os képlettel, csak a betűjelölésekben van eltérés. Már tárgyalja a nyújtott töltettel robbantást és a préstestsorok kerekítését egész sorra. Megjelenik a fűrt lyukas robbantás.

Az orosz elvek szerinti szabályozás az 1950-es *Segédlet*ben még képlet nélkül közli az egyébként addigiakkal megegyező töltet-meghatározást, de az *Ideiglenes utasítás* már lényegében a mai elveket tükrözi. Változás a már említett Szalamahin munkássága eredményeként a különböző együtthatók finomításában található az ezt követő utasításokban.

Vasbeton robbantásával először az 1928-as *Műszaki oktatás*ban találkozhatunk, akkor viszont lényegében lefektetik azokat az alapelveket, melyek mind a mai napig használatosak (kisebb finomításokkal). Három módszert javasol a vasbeton szerkezeti elemek robbantására: 1. a kettős – egymáshoz viszonyítva eltolt – töltetek alkalmazását; 2. a növelt hatású (1,5-szörös) nyújtott töltetekkel a betonkiverést, a vasalás részleges átszakításával; 3. a kettős robbantást (beton kiütése, majd a vasalás robbantása). Ehhez képest az 1950-es *Segédlet* annyiban hoz újat, hogy bevezeti a teljes keresztmetszet vasnak tekintését, ezáltal a vasrobbantás képletének alkalmazását. Az *Ideiglenes utasítás* tárgyalja a fűrt lyukas módszert is, de rögtön hangsúlyozza annak roppant időigényes voltát. Az *Utasítások* (1965 és 1971) annyiban lépnek előre, hogy az eddigi 1,5-szeres, illetve 2-szeres töltettömeg-növelés helyett külön értéket állapítanak meg az 'A' anyagtényezőnél a beton kiverésére és a vasalás részleges átszakítására (ami viszont jelentősen megnöveli a robbanóanyag-mennyiséget az addigiakhoz képest).

Közbehelyezett töltetek alkalmazásához szükség volt Szalamahin professzor robbanási hatások vizsgálatát célzó munkásságára, így először az 1965-ös *Utasítás* tárgyalja ezt a kérdést.

Ugyancsak 1965-ben találkozunk először a víz alatti töltetekkel, melyet változtatás nélkül vesz át az 1971-es *Utasítás*.<sup>409</sup>

### 2.3.6. Javaslatok a téglá-, kő-, beton- és vasbeton elemek robbantásával kapcsolatban

- A robbantási gyakorlatban eddig kiválóan bevált tervezési módszerek annyiban szorulnak felülvizsgálatra, hogy az újonnan kifejlesztett – elsősorban vasbeton – szerkezetekre mennyiben felelnek meg. Bár a *Mű/213.* szól az előfeszített gerendák robbantásáról a vasbeton hidak robbantásánál (252. pont), de érdemes lenne az azóta alkalmazott új szerkezeteket is vizsgálat tárgyává tenni.
- Egy esetleges új robbantási utasításban bővebb tájékoztatást kellene adni a különféle vasbeton szerkezetekről, ezen belül is a vasalás várható elrendezéséről. Ha az 1928-as *Műszaki oktatás* ezt nagyon korrektül meg tudta tenni, akkor – a mai típusú tartók ismeretében – egy ilyen mellékletnek mindenképpen létjogosultsága van. Ismeretlen vasbeton tartó esetére be kellene mutatni a feltárási robbantás végrehajtásának módszerét (a próbarobbantások végrehajtására történő utalások a jelenlegi *Utasítás*ban konkrét példa bemutatása nélkül nem sokat érnek).
- A tervezés megkönnyítésére itt is szükség lenne a töltetablázatok visszaállítására (a korábbi szabályzatokban már jól bevált módon) vagy nomogramm alkalmazására.
- Szükség lenne a töltetfelerősítés végrehajtását megkönnyítő eszközök, módszerek bevezetésére (külső, szabadon felfektetett töltetek esetén), valamint olyan egyszerű, de nagy teljesítményű fűrészközök rendszeresítésére, melyekkel a robbanóanyag elhelyezésére szolgáló aknakamrák, furatok elkészíthetők. A belső töltetek alkalmazásának mindenképpen előtérbe kell kerülnie a megváltozott körülmények között, mert:

<sup>409</sup> A fordító jóvoltából a közbe helyezett összpontosított töltetekkel történő víz alatti robbantásnál itt is 1,5-szeres töltettömeg-csökkenés olvasható a 2/3-ra csökkentés helyett.

- a megnövekedett előkészítési időszakban a töltetek biztonságos elhelyezése, nehezebb felderíthetősége, fizikai behatásokkal szembeni védelme csak így biztosítható;
- a kisebb töltettömegek alkalmazásával a környezeti hatás mértéke is csökkenthető (egy későbbi helyreállítás során ez nem elhanyagolható).<sup>410</sup>
- Különösen vasbeton szerkezeti elemek robbantásához elengedhetetlenül szükséges a fémrobbantásnál már vázolt lineáris vágótöltetcsalád rendszerbe állítása.

## 2.4. Földrobbantás

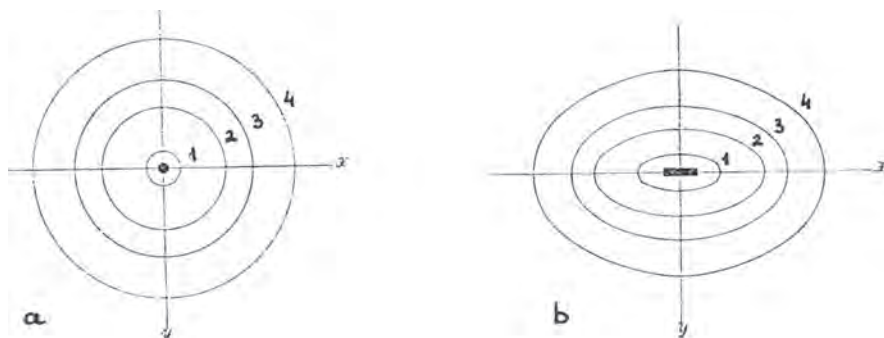
A talajok és sziklás kőzetek robbantásos megmunkálása két nagy csoportra osztható: 1. A bányaművelés (föld alatti és földfelszíni egyaránt) és a közlekedésepítési robbantások (alagutak, bevágások stb. létesítése) legtöbbjénél a cél az adott közegben lévő anyag repesztése, törése, aprítása az anyag nagyobb távolságra történő elhajításának igénye nélkül. 2. A másik nagy csoportba a különböző földművek (árkok, alapgyödrök) robbantásos kialakítása tartozik. Ennél a feladatnál a zúzáson kívül azt is elvárjuk, hogy nagy mennyiségű anyagot emeljen, dobjon ki az adott szelvényből. Hosszú időn keresztül elsősorban katonai feladatoknál jelentkezett ez az igény, ahol a gyors munkavégzés követelménye háttérbe szorította a felhasználandó robbantóanyag jelentős költségeit. A fejezetben a talajok és sziklás kőzetek *ez utóbbi, úgynevezett hajító robbantásának szabályait tekintjük át.*

### 2.4.1. A földrobbantás elméletének és gyakorlatának fejlődése

A földrobbantás elméletének fejlődését az 1903-ban kiadott *Kézikönyv* mutatja be nagy részletességgel. A robbantás végrehajtását „központosított akna vagy furattöltésekkel”,<sup>411</sup> illetve „nyújtott töltésekkel” lehet végrehajtani. Ez utóbbit „több egymásra, vagy egymás mellé helyezett központosított töltésnek tekinthetjük”.<sup>412</sup>

A robbanás során a következő „hatásövek” tapasztalhatók (100. ábra):

- nyomási vagy zúzó öv (zúzás, tömörítés megy végbe);
- romboló öv (hajítás vagy eltolás következik be);
- repesztő öv;
- rezgő öv.



100. ábra

*A robbanás hatásövei központosított (a) és nyújtott töltéseknél (b)<sup>413</sup>*

A hatásövek és a robbantandó talaj (kőzet) szabad felületének egymáshoz való viszonyát vizsgálva a *Kézikönyv* az alábbi megállapításokat teszi (101. ábra):

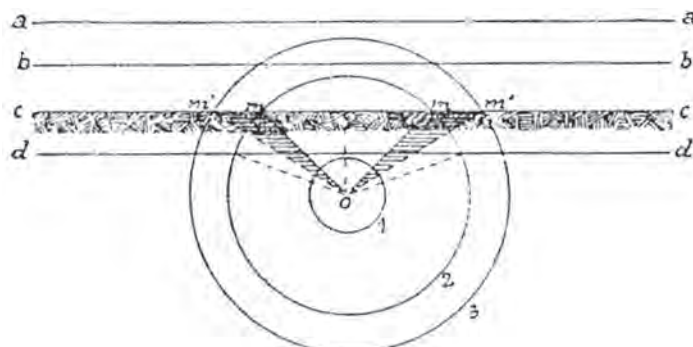
- „Ha a szabad felület (a–a), illetve (b–b) a romboló hatásöv (2) fölé esik, akkor a durranás látható hatása elvész, mert a fejlődő gázok feszítő ereje nem képes a kőzet összefüggését megbontani.”

<sup>410</sup> Példákkal támasztjuk alá a javaslat szükségességét az 5. fejezetben.

<sup>411</sup> Összpontosított és fűrt lyukban elhelyezett töltet.

<sup>412</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 168.

<sup>413</sup> *Uo.*, 139–140. sz. ábrák, 169.

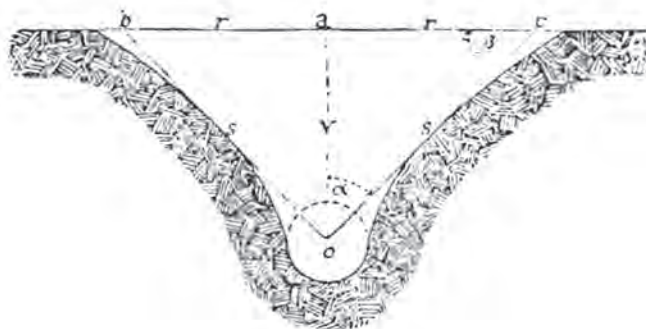


101. ábra

*Az akna- és repesztőtölcsér keletkezése*<sup>414</sup>

- „Ha a szabad kőzetfelület (c–c) a romboló övet (2) metszi, (...) a robbantó gázok sugárirányos erő-kifejtése kúphoz hasonló testet hajít ki, melynek alapja a (c–c)-vel jelölt szabad felületben, csúcsa pedig, a töltés középpontjában (o) fekszik.”
- „A hirtelenül fejlődő gázok feszítő ereje következtében a kőzetnek egy része nagy erővel lökődik ki, miáltal (...) a 101. ábrán látható (m–o–m) űr keletkezik, melyet aknatölcsérnek nevezünk; ha ezután utómunkával távolítjuk el az össze-vissza repedezett, de ki nem hajított kőzetrészeket, megkapjuk az (m'–o–m') repesztő tölcserét.”
- „Ha végre a kőzet szabad felülete (d–d) a nyomási övhöz (1) közel fekszik vagy éppen metszi azt, akkor a megoldott kis kőzetzömeg erős durranással hajítódik ki, míg az előbbi esetben csak tompa rázkódás áll be.”<sup>415</sup>

A nevezett repesztőtölcsért vizsgálva az alábbi összefüggéseket állapította meg (102. ábra):



102. ábra

*A központosított töltés aknatölcsére*<sup>416</sup>

- „A gázok nagy feszültsége miatt a kúp a töltés-fészekben (o) kitágul és alapjának szélei többé-kevésbé kerekded alakot mutatnak.”
- „A töltésfészek középpontjától a szabad falig mért függélyes távolságát (o–a = v) a legrövidebb ellenállási vonalnak nevezzük.”
- „A töltésfészek középpontját a tölcseréalap szélével összekötő egyenesek (o–b és o–c = s) a repesztő sugarak, melyek (...) egymással egyenlők.”
- „Az aknatölcsér alapja kör, melynek fél-átmérőjét (a–b = a–c = r) tölcserásugárnak nevezünk.”
- „A repesztő sugár és az ellenállási vonal bezárják a (β) szöveget, mely általában annál nagyobb, mentől erősebben töltjük az aknát; a kúpnak fél csúcshögtét (α)-val jelöljük.”<sup>417</sup>

„A tapasztalat igazolja, hogy központosított töltések akkor repesztik ki a legnagyobb aknatölcsért, ha  $v = r$ , illetve ha  $\beta = 45^\circ$ ”, mely esetben az aknatölcsér űrtartalma:

<sup>414</sup> Uo., 141. sz. ábra, 170.

<sup>415</sup> Uo., 170.

<sup>416</sup> Uo., 142. sz. ábra, 172.

<sup>417</sup> Uo., 172.

$$K = \pi/3 \times v^3 = 1,05 \times v^3 \quad [50]$$

A robbantási gyakorlatban ezt az aknatölcsért *szabványosnak*, az alkalmazott töltetmennyiséget pedig *normálisnak* nevezték.

Azt is megállapították, hogy azonos tömegű tölteteket robbantva, azokat egyre nagyobb ellenállási vonal ( $v$ ) mélységekre elhelyezve, a kirobbantott tölcser köbtartalmai egyre kisebbek lesznek. Ugyanekkor természetesen  $r$  értékei is kisebbednek, míg végül eléjük azt a kritikus  $v$  értéket, melynél aknatölcsér már nem képződik ( $r = 0$ ). Abban az időben ezt „gőzagnának”<sup>419</sup> nevezték. Höfer H. leobeni bányaakadémiai tanár számításai szerint: ha a legrövidebb ellenállási vonalat felével nagyobbra vesszük, mint szabványos esetben ( $v = r$ , illetve  $\beta = 45^\circ$ ), akkor nem keletkezik aknatölcsér, tekintve, hogy gőzagnáknál a romboló öv sugara 1,554-szer nagyobb, mint a normális legrövidebb ellenállási vonal.

Amennyiben a szabványos aknatölcsérnek megfelelő ellenállási vonal mélységében a normálisnál kisebb vagy nagyobb tömegű töltetet alkalmaztak, úgy gyöngé vagy erős töltésekről beszéltek.

A töltetek tömegének meghatározásáról már esett szó, hiszen nem tettek különbséget a föld-, illetve a szikla- és építési anyag-robbantás (tégla, kő, beton, vasbeton) között. Így ismertették a Lebrun-képletet [37] és az ennek továbbfejlesztéseként bevezetett [38]-as képlet, melyet az Osztrák–Magyar Hadügyi Bizottság állapított meg. Ennek további fejlesztésének eredményeként jelenik meg a Vogl-képlet [41], melynél először alkalmazták a [40]-es képletben foglalt töltethatásmutatót, az  $n$  fogalmát, melyet a mai napig használunk számításainkban.

A [21]-es képlet  $c$ , illetve a Vogl-képlet ( $0,36 \times c$  értékű)  $k$  töltési együtthatóit föld- és sziklarobbanásnál a cs. és kir. hadi bizottság által meghatározott táblázat alapján állapították meg.

32. táblázat

*A 'c' és a 'k' töltési együtthatók összehasonlító táblázata*<sup>420</sup>

A robbantott közeg megnevezése	(c) értéke		(k) értéke = 0,36 c	
	70° puskaporra	I. sz. új dynamitra	70° puskaporra	I. sz. új dynamitra
Finom sárga homok, melyet könnyen meg lehet lazítani ... ..	0,40	0,30	0,14	0,12
Agyagos föld, több vagy kevesebb homokkal, szilárdsága szerint ... ..	0,50–0,70	0,40–0,55	0,18–0,25	0,14–0,20
Tiszta agyag, szilárdsága szerint ... ..	0,80–1,00	0,60–0,80	0,30–0,36	0,22–0,30
Tiszta nagyobb szemű homok, akár tömören, akár lazán összeálló ... ..	0,60–0,70	0,50–0,55	0,22–0,25	0,18–0,20
Kavicsos vagy vegyes föld ... ..	0,70–0,80	0,55–0,65	0,25–0,30	0,20–0,25
Szikla, keménysége és repedezettsége szerint ... ..	1,00–2,00	0,50–0,80	0,36–0,72	0,18–0,30

A [37]-es Lebrun-képlet  $g$  töltési együtthatóiként a Dynamit–Nobel részvénytársaság az I., II. és III. osztályú dynamitra vonatkozóan az alábbi értékeket ajánlotta ( $v = 0,5–2,0$  m-ig):

- igen szilárd és szívós kőzetek esetén: 0,6–0,75;
- közép kemény kőzetre: 0,3–0,45;
- igen puha kőzetre: 0,2–0,35.

Javasolja ugyanakkor a próbarobbanásokat is a töltési együttható meghatározásához. Ebben az esetben  $v = 1,0$  m ellenállási vonal mélységben elhelyezett különböző tömegű töltetekkel kell a  $g$  vagy a  $c$  együttható

<sup>418</sup> Uo., 172.

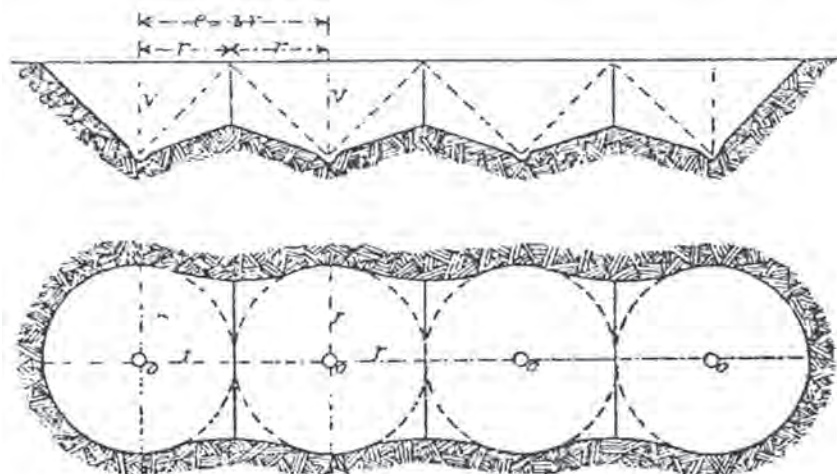
<sup>419</sup> Ma földalatti hatású töltet megnevezéssel ismert.

<sup>420</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 181.

értékét meghatározni. Mivel a kísérletek tanúbizonyságai szerint két azonos körülmények között elvégzett robbantás hatásában akár 25% eltérés is lehetséges, így (előírása szerint) több robbantás számtani középértékét kell végső eredményként figyelembe venni.

Több töltetet sorban elhelyezve, ún. „kapcsolt lövések” hatását is vizsgálja a *Kézikönyv*, és az alábbi megállapításokat teszi:

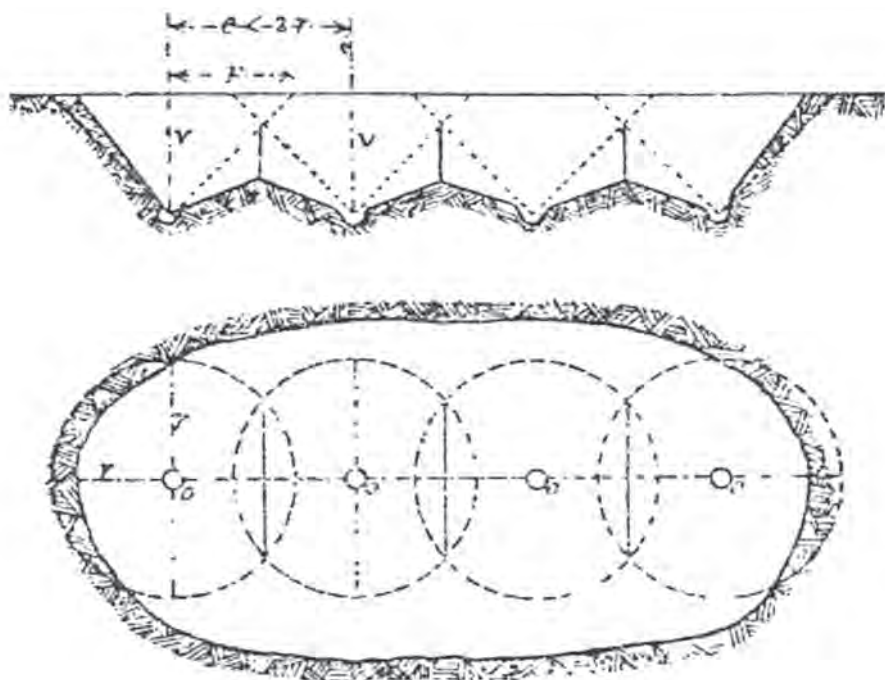
- Amennyiben az azonos tömegű és elhelyezési mélységű töltetek egymástól való távolsága ( $e$ ) egyenlő a tölcsérsugár ( $r$ ) kétszeresével, nyújtott töltet robbantásához hasonló árok keletkezik, melynek szélessége majdnem egyenlő az egyes töltetek által kialakított tölcsér átmérőjével, és mélysége is azt közelíti (103. ábra).



103. ábra

*Kapcsolt aknák érintőleges hatásövekkel ( $e = 2 \times r$ )*<sup>421</sup>

- Ha a töltetek egymástól való távolsága kisebb, mint a tölcsérsugár kétszerese ( $e < 2 \times r$ ), az árok szélessége és mélysége nagyobb lesz (104. ábra).



104. ábra

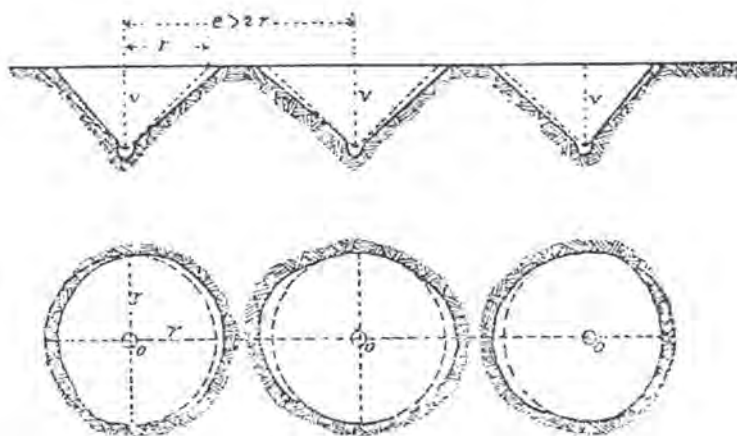
*Kapcsolt aknák egymásba nyúló hatásövekkel ( $e < 2 \times r$ )*<sup>422</sup>

<sup>421</sup> *Uo.*, 155. sz. ábra, 182.

<sup>422</sup> *Uo.*, 156. sz. ábra, 183.



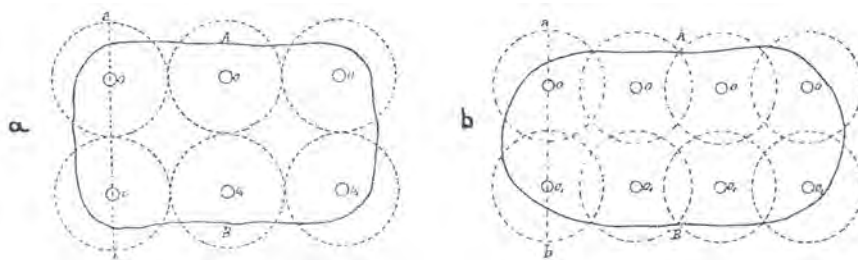
- Amennyiben a töltetek egymástól való távolsága meghaladja a tölcsérsugár kétszeresét ( $e > 2 \times r$ ), a keletkező tölcsérek nem fognak érintkezni egymással, mindössze az egymás felé eső oldalaik bővülnek ki kissé (105. ábra).



105. ábra

Kapcsolt aknák külön-külön repesztő tölcsérrel ( $e > 2 \times r$ )<sup>423</sup>

- Ha a tölteteket két sorban helyezük el, a kialakuló árok szélessége annál kisebb lesz, minél közelebb kerülnek egymáshoz a sorok; ugyanakkor a sortávolság csökkenésével javulni fog a kirobbantott anyag aprózottsága (106. ábra).



106. ábra

Kapcsolt aknacsoport érintőleges (a) és egymást metsző hatásövekkel (b)<sup>424</sup>

A leírtakból következően a töltetek tömegét „kapcsolt lövések” alkalmazása esetén csökkentették, így a Vogl-képlet [41] az alábbira módosul abban az esetben, ha a fűrőlyukak egymástól való távolsága kb. a legrövidebb ellenállási vonal kétszerese ( $e = 2 \times r$ ):

$$T = k \times (v + 2/3 e)^3 \quad [51]$$

A *Kézikönyv* megjegyzi, hogy a polgári robbantástechnika az [51]-es képletet ritkán használja, mert a kapott töltet mennyisége nagy rombolásokat eredményez. Ezért ott a Lebrun-képlet [37] szerint számítja az egyes tölcséreknek megfelelő robbanóanyag-mennyiséget, és az így kapott értéket növelik meg a robbantandó kőzet vagy talaj minőségétől függően 30–60%-kal.

A kőbányászattal foglalkozó fejezetben a *Kézikönyv* már említést tesz a legnagyobb szóródási távolságokról is, melyet 100-120 m-ben, „különösen repedékes kőzeteknél” pedig 150–200 m-ben határoz meg.<sup>425</sup>

A földrobbantás elméletének az 1903-as *Kézikönyv* szerinti tárgyalása azért nyúlt ilyen hosszúra, mert itt fektették le azokat az alapelveket, melyek aztán – kisebb finomításokkal – nagyon sokáig meghatározóak voltak ebben a kérdésben. Nem egy megállapítását a mai napig igaznak fogadjuk el és alkalmazzuk.

A következő állomás az 1915-ben megjelent H–26 k. u. k. utasítás<sup>426</sup> volt, mely viszont a tölcsérszámításokat teljesen kihagyta, és a 98. pontjában egy táblázattal intézi el a kérdés tárgyalását. Ezért a magyar

<sup>423</sup> Uo., 157. sz. ábra, 183.

<sup>424</sup> Uo., 158. és 159. sz. ábrák, 183.

<sup>425</sup> Uo., 235.

<sup>426</sup> H–26. *Technischer Unterricht für die k.u.k. Sappeur-Pionier truppe. Teil; Sprengvorschrift.* Aus der Druckerei des k.u.k. Kriegsministeriums, Wien, 1915. Az utasításnak egy 1918-as (a jelzettel megegyező tartalmú) utánnyomása is fellelhető a könyvtárakban.

katonai-műszaki vezetés az új robbantási szabályzat (az *E.-34. Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára*) kidolgozásakor külön figyelmet szentelt ennek a problémának a kiküszöbölésére, holott alapjaiban a H-26 fordításaként készültek el az egyéb fejezetek (mint azt már a könyv bevezetőjében is említettem). A *Műszaki oktatás* megjelenése előtt a *Műszaki szemle* 1927-es 1–3. számaiban Nagy Gábor tollából egy háromrészes cikksorozat dolgozza fel a földrobbantási számítások elméletét, kimondottan azzal a céllal, hogy az érdeklődők a szabályzatban található végképletek levezetését is tanulmányozhassák.<sup>427</sup> A cikk alapábrái a robbanás hatásöveire és a tölcséreképződés elméletére vonatkozóan tökéletesen megegyeznek a *Kézikönyv*nél bemutatottakkal (100–102. számú ábrák). A képletek bizonyítása és a bemutatott mintapéldák viszont mindenképpen figyelemre méltóak a ma robbantási szakemberei számára is.

Az 1928-ban megjelent *Műszaki oktatás*<sup>428</sup> tehát ilyen elméleti alapokra támaszkodik, amit azért jó tudni, mert például a jelenlegi *Robbantási utasítás*ban tárgyalt szabályok tudományos igényű alapjaihöz (a már említett orosz Szalamahin professzor munkáihoz) nemigen juthatnak hozzá a mai szakemberek.

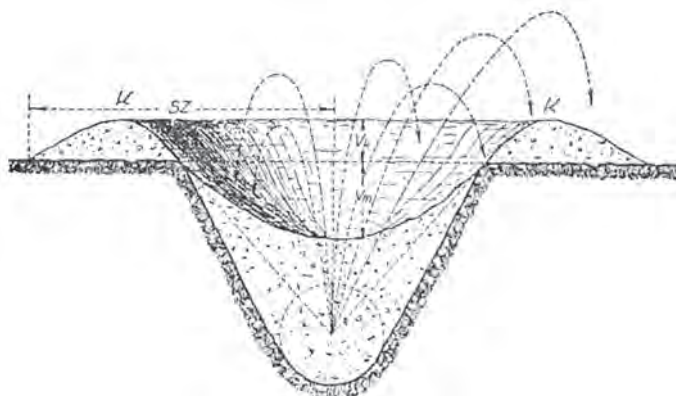
A földalatti robbanás hatásöveit a *Kézikönyv*ben foglaltak szerint tárgyalja a szabályzat, azzal az eltéréssel, hogy a nyomási övet zúzó övnek, a romboló övet pedig a hajtás övének nevezi. Ugyancsak megegyező a tölcséreképződés elméletének bemutatása, de itt már nagyobb figyelmet fordítanak a visszahullott földmennyiségre. A kialakuló tölcsért hátrahagyott tölcsérnek nevezik (107. ábra), melynek fő paramétereit külön táblázat segítségével is meg lehet határozni (33. táblázat).

33. táblázat

A hátrahagyott tölcsér adatainak meghatározása<sup>429</sup>

Tölcsér mutató $n = \frac{r}{v}$	A tölcsér mélység ( $v_m$ )	A tölcsér koszorú magassága ( $v_k$ )	A legnagyobb szórás ( $sz$ )	Megjegyzés
0.75	0.25 v	0.15 v	1.80 v	A közbeeső mutatóknak megfelelő adatokat interpolálás segítségével határozzuk meg.
1.00	0.33 v		2.50 v	
1.25	0.50 – 0.60 v-ig	0.20 v	8.0 v	
1.95	v	0.25 v	23.0 v	

A *Kézikönyv*ben bemutatott elvek továbbviteleként „derékszögű tölcséreként” határozza meg a legkedvezőbb robbantást, melyet „szabvány (normál) töltettel” lehet végrehajtani ( $v = r$  esetben, mikor  $\beta = 45^\circ$ ).



107. ábra

A hátrahagyott tölcsér és fő adatai<sup>430</sup>

<sup>427</sup> Nagy Gábor: Központosított aknák hatásának számítása tölcséreképzés esetében és az aknaharcban. *Műszaki Szemle*, 1927/1–3. számok.

<sup>428</sup> *E.-34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928.

<sup>429</sup> *Uo.*, 176.

<sup>430</sup> *Uo.*, 110. sz. ábra, 168.

A már korábban, a *Kézikönyv*nél ismertetett módon határozza meg a kirobbantott tölcser köbtartalmának változását, az elhelyezési mélység és az alkalmazott töltet tömege függvényében, valamint a föld alatti hatású töltet, melyet „zúzóaknának” nevez.

Kimondja, hogy „a tölcser nagysága (...) az ellenállási vonal és a töltet nagyságától függ”.<sup>431</sup> Ennek alapján a [38]-as képlet megváltoztatott betűjelölésű, de azonos tartalmú változatát mutatja be, mely szerint:

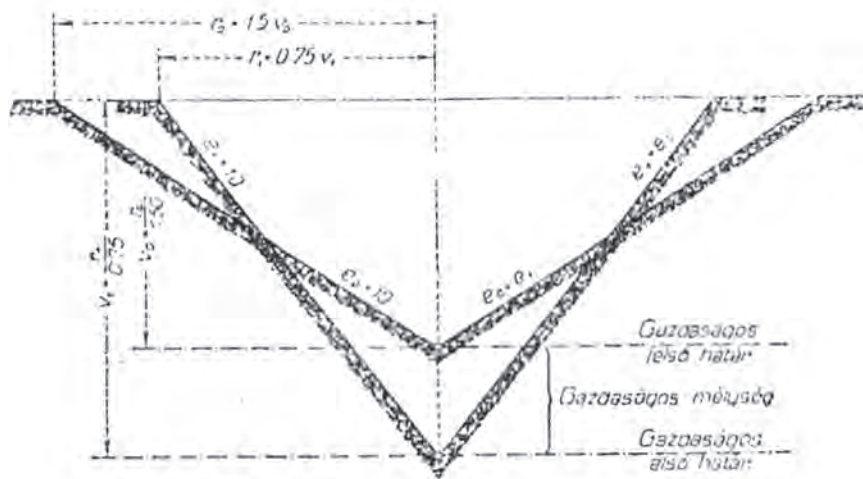
$$T = c1 \times e^3 \quad [52]$$

T: a töltet tömege kg-ban;

e: a robbanás sugara m-ben;

c1: az anyag szilárdságától és a robbanóanyagtól függő tényező, melynek nagysága nehéz talajban 0,72; közepesben 0,55; könnyű talajban pedig 0,33.

Ugyancsak említi a töltet hatásmutatóját (tölcsermutatóként), melyet a [40]-es képlettel már bemutattam. Értéke földrobbantásnál  $n = 1,50-0,75$  között van. Csak e feltétel teljesülése mellett egyezik az egyfajta anyagban, de különböző mélységben történő robbantáskor a robbantás sugara a számított értékkel. Ebből viszont az következik, hogy ha a lehető legtöbb föld kirobbantása a célunk egy adott töltettel, akkor azt a  $v = r/1,50$  és  $r/0,75$ , ún. gazdaságos határok között kell elhelyezni (108. ábra).



108. ábra

A számított és kirobbantott robbantási sugár összefüggése (gazdaságos határok)<sup>432</sup>

Tölcserok robbantására a honvédségi gyakorlatban a „zárt összpontosított tölteteket” alkalmazza a *Műszaki oktatás*, melyek tömege:

$$T = c \times W^3 \quad [53]$$

T: az ekrazit töltet tömege kg-ban;

W: a töltet hatásának sugara m-ben (gazdaságos tölcserok esetén  $W = v = r$ );

c: a talaj szilárdsági tényezője, melynek átlagos értékei:

- szilárd talajban (kemény kavicsos föld, márga, agyag) 2,0,
- közepes talajban (homokos agyag, üledett homok) 1,5,
- könnyű talajban (könnyen ásható agyag) 1,0.

A talaj szilárdsági tényezőjének meghatározásához próbarobbantást ajánl, melynek végrehajtási módszerét részletesen leírja (tekintve, hogy több szakkönyv is utal talajrobbantásnál a próbarobbantás fontosságára, viszont módszert nagyon kevés helyen ad hozzá, ezért a 10. mellékletben ezt bemutatjuk).<sup>433</sup>

A földrobbantásnál alkalmazandó összpontosított töltetek tömegének megállapításához egy töltet-táblázatot is közöl a *Műszaki oktatás*, továbbá a mellékletekben nomogramokat a földrobbantáshoz, a gazdaságos és a kevésbé gazdaságos tölcserok méreteinek megállapításához.

<sup>431</sup> *Uo.*, 232. pont, 171.

<sup>432</sup> *Uo.*, 115. sz. ábra, 174.

<sup>433</sup> *Uo.*, 258–261. pontok, 192–193.

34. táblázat  
Összpontosított töltetek táblázata föld és laza szikla robbantásához<sup>434</sup>

W m-ben	Könnyű		T a l a j				Közepes	
	f.	n. f.	T kg-ban		f.	n. f.		
			ed = 1.1	ed = 1.1,25	ed = 1.5.1	ed = 1.5.1,25		
0.5	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
1	1	1.3	1.5	1.5	1.9	1.9	1.9	1.9
1.5	3.4	4.2	5.1	5.1	6.3	6.3	6.3	6.3
2	8	10	12	12	15	15	15	15
2.5	16	20	23	23	29	29	29	29
3	27	34	41	41	51	51	51	51
3.5	43	54	64	64	80	80	80	80
4	64	80	96	96	111	111	111	111
4.5	91	114	137	137	171	171	171	171
5	125	156	188	188	234	234	234	234
5.5	166	208	250	250	312	312	312	312
6	216	270	324	324	405	405	405	405
6.5	275	343	412	412	515	515	515	515
7	343	429	515	515	643	643	643	643
7.5	422	527	633	633	791	791	791	791
8	512	640	768	768	960	960	960	960
9	729	911	1094	1094	1367	1367	1367	1367
10	1000	1250	1500	1500	1875	1875	1875	1875
11	1331	1664	1997	1997	2496	2496	2496	2496
12	1728	2160	2702	2702	3240	3240	3240	3240

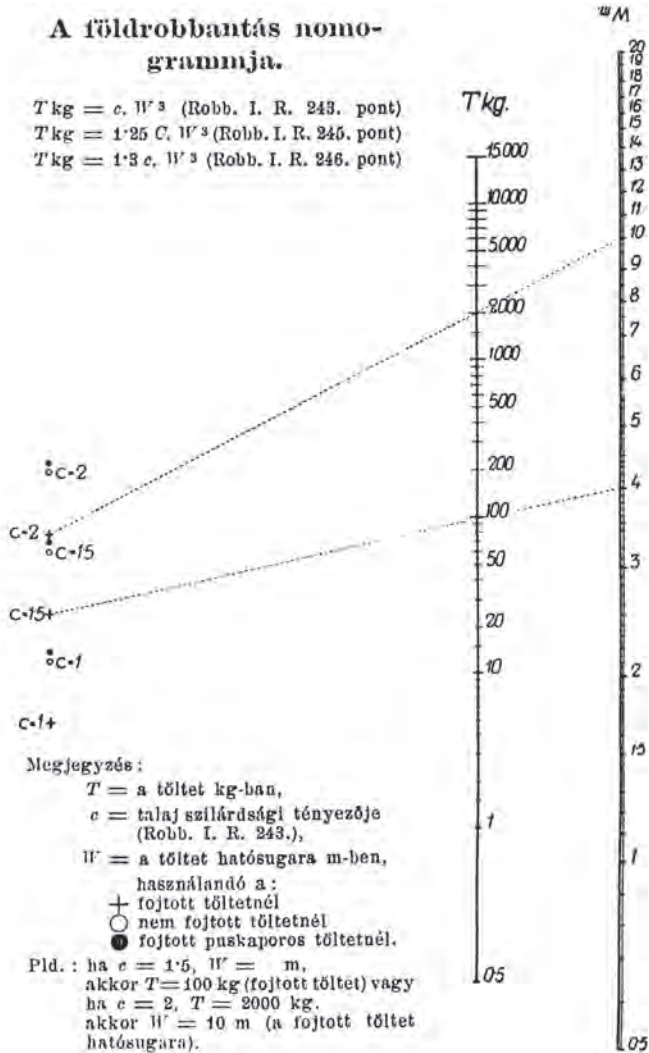
  

W m-ben	Nehéz talaj		T a l a j					
	f.	n. f.	T kg-ban		Laza szikla*)			
			ed = 2.1	ed = 2.1,25	ed = 3.1	ed = 3.1,25		
0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5
1	2	2.5	3	3	3.8	3.8	3.8	3.8
1.5	6.8	8.4	10.1	10.1	12.7	12.7	12.7	12.7
2	16	20	24	24	30	30	30	30
2.5	31	39	47	47	59	59	59	59
3	54	68	81	81	101	101	101	101
3.5	86	107	129	129	161	161	161	161
4	128	160	192	192	240	240	240	240
4.5	182	228	273	273	342	342	342	342
5	250	313	375	375	469	469	469	469
5.5	333	401	499	499	624	624	624	624
6	432	540	648	648	810	810	810	810
6.5	540	687	824	824	1030	1030	1030	1030
7	686	858	1029	1029	1286	1286	1286	1286
7.5	844	1055	1266	1266	1582	1582	1582	1582
8	1024	1280	1536	1536	1920	1920	1920	1920
9	1458	1823	2187	2187	2734	2734	2734	2734
10	2000	2500	3000	3000	3750	3750	3750	3750
11	2602	3328	3993	3993	4991	4991	4991	4991
12	3166	4320	5184	5184	6480	6480	6480	6480

\*) Ha «W» 2 m-nél nagyobb, akkor kemény sziklára is érvényes.

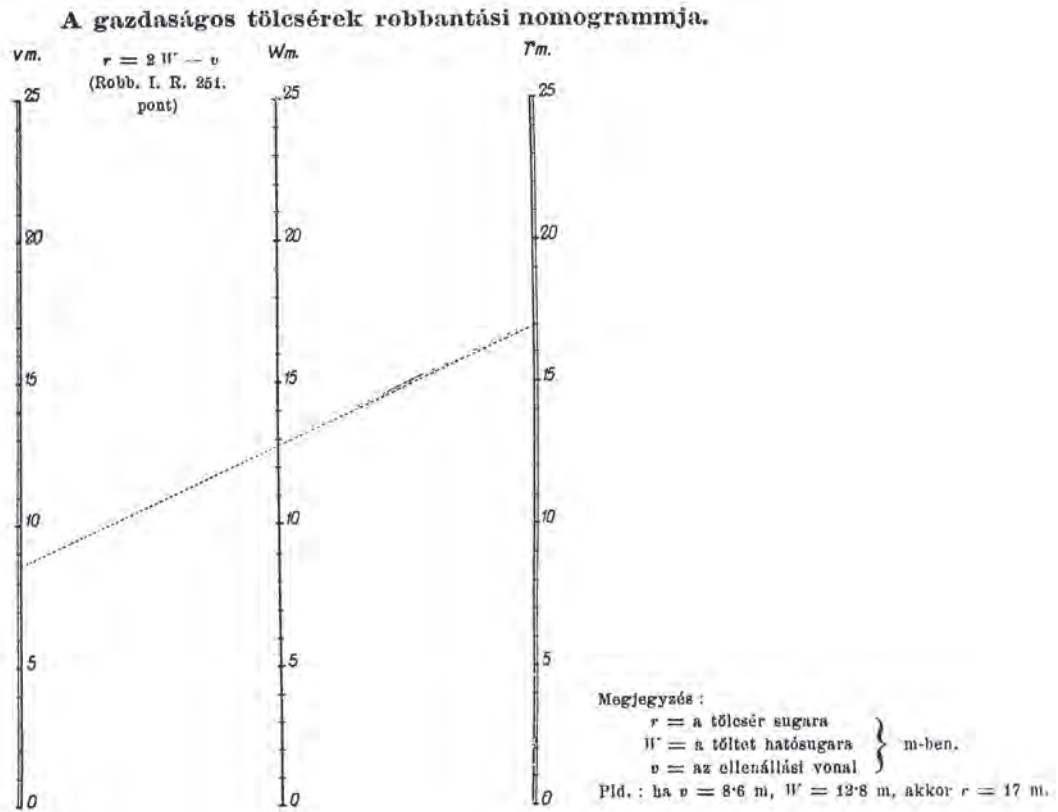
Amennyiben a töltet föjtésének hossza kisebb az ellenállási vonal (v) hosszánál, úgy a töltet tömegét (T) meg kell szorozni a  $d = 1,25$  föjtési tényezővel. Puskapor alkalmazása esetén a számított töltet tömeget 30%-kal meg kell növelni.

<sup>434</sup> Uo., II. sz. táblázat, 181–183.



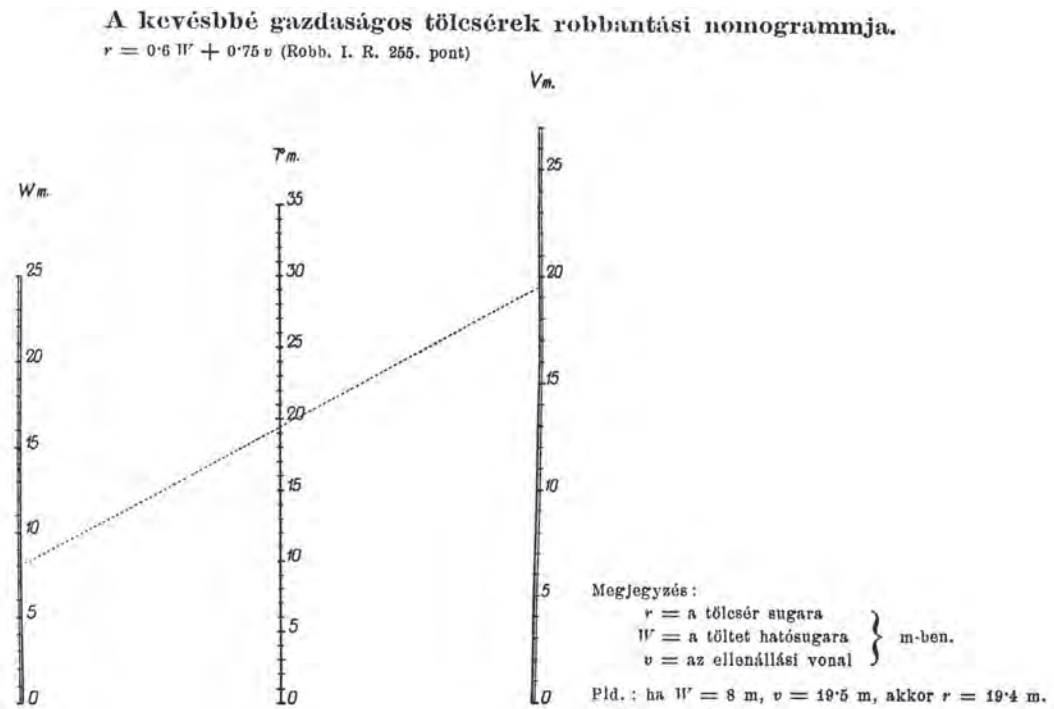
109. ábra  
 Földrobbantás nomogramma<sup>435</sup>

<sup>435</sup> E.-34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. II. rész + Mellékletek. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928–1929, 5. sz. melléklet, II. ábra.



110. ábra

A gazdaságos tölcéserek robbantási nomogrammjá<sup>436</sup>



111. ábra

A kevésbé gazdaságos tölcéserek robbantási nomogrammjá<sup>437</sup>

<sup>436</sup> Uo., 5. sz. melléklet, III. ábra.

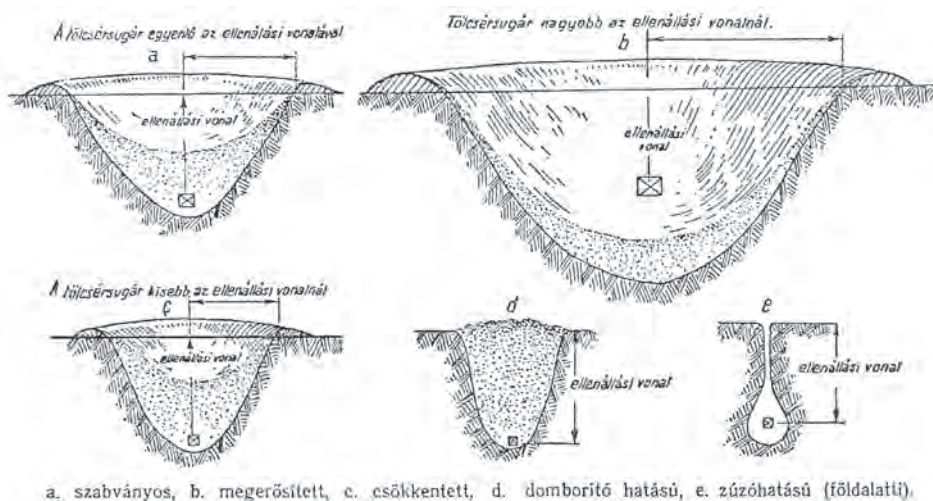
<sup>437</sup> Uo., 5. sz. melléklet, IV. ábra.

Az elméleti részt bőséges mintapélda-kollekció teszi teljessé.<sup>438</sup> A *Műszaki oktatás* igen részletes elméleti és a gyakorlati tervezést segítő földrobbantási fejezetének érdekessége, hogy nem lép tovább az egyes tölcéserek robbantásának tárgyalásánál, és nem foglalkozik árkok robbantással történő létesítésével (szemben a falak és sziklás kőzet robbantásával, ahol ezt a kérdést is részletesen elemzi). Csak száz oldallal később, a *Rombolások és megszakítások fejezet Út- és vasútvonalak hasznavehetetlenné tétele* paragrafusának egyik példájában (!) utal arra, hogy egy hegyi út 20 m hosszban történő rombolása esetén a tölteteket a hatás kétszeres távolságára ( $2 \times W$ ) kell egymástól elhelyezni.<sup>439</sup>

A földalatti hatású tölteteket (zúzóaknak) az aknaharcban alkalmazandó módszerként tárgyalja a *Műszaki oktatás*, melyet a fejezet keretein belül nem kívánunk tárgyalni ma már korszerűtlennek tekinthető volta miatt.

A *Haditechnikai alapismeretek I. kötet* (1929) csak elnagyoltan, nem egész egy oldalban próbálja összefoglalni a *Műszaki oktatás*ban leírtakat (olyan lényeges kérdéseket például, mint a legkisebb ellenállási vonal, a földalatti robbantás hatásövei stb. meg sem említi).

A *Robbantási segédlet* (1950) a robbanás hatásöveiként ugyanazokat említi, mint a *Műszaki oktatás*, ami azért érdekes, mert fordításról lévén szó már orosz elveket tükröz. Nincs változás a rombolási sugár és az ellenállási vonal értelmezésében sem, csakúgy, mint a szabványos, a megerősített, a csökkentett és a zúzó (rejtett hatású) töltetben. Egyedüli változás a domborító töltet fogalmának bevezetése (112. ábra).



112. ábra

Különböző hatású földrobbantó töltetek<sup>440</sup>

Ezek után meglepő, hogy töltetszámítás helyett a *Segédlet* csak egy töltéttáblázatot ad meg alacsony hatóerejű robbanóanyagokra, megerősített töltetek esetén (ahol a keletkező tölcser sugara kétszerese a töltet elhelyezési mélységének a 45/b. ábra szerint). Ha közepes hatóerejű robbanóanyaggal kell robbantani, úgy a töltet mennyiségét 15%-kal csökkenti (35. táblázat).

35. táblázat

Töltéttáblázat földrobbantáshoz alacsony hatóerejű robbanóanyag alkalmazása és megerősített töltetek esetén<sup>441</sup>

A töltet elhelyezésének mélysége a talajban (ellenállási vonala)	A kapott tölcser mérete m-ben:		Az alacsony hatóerejű robbanóanyag töltet súlya különböző talajokban, kg-ban			
	Mélység	Átmérő	Homokos, kavicsos föld	Nedves homok	Agyagos homok és kőves talaj	Igen kemény agyag
1.0	1.4	4.0	5.1	6.7	7.8	10.0
1.25	1.9	5.0	10.0	13.2	15.6	19.8
1.5	2.1	6.0	17.2	22.5	26.4	33.5
2.0	2.8	8.0	41.0	53.0	62.0	80.0
2.5	3.5	10.0	84.0	106.0	125.0	160.0

<sup>438</sup> E.-34 (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 249–257. pontok, 184–192.

<sup>439</sup> *Uo.*, 441. pont, 293.

<sup>440</sup> *Robbantási segédlet.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 132. sz. ábra, 157.

<sup>441</sup> *Robbantási segédlet.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 12. táblázat, 159.

A *Segédlet* ezenkívül a harcokciárkok robbantásával foglalkozik, de itt is csak egy táblázatot közöl a töltetek tömegének megállapításához (36. táblázat). Igaz viszont, hogy az eddigiekhez képest ez a táblázat veszi leginkább figyelembe a talaj típusát, tekintve, hogy az eddigi hármas helyett négyes csoportosítást tartalmaz.

36. táblázat

Töltéttáblázat harcokciárkok robbantásához<sup>442</sup>

Az árok mélysége m-ben	Az árok szélessége m-ben	Távolság a töltet középtől a föld felületéig (ellenállási vonal) m-ben	Az aknakút mélysége m-ben	A töltetek közötti távolság m-ben	Az ammonit-töltet nagysága különböző talajoknál kg-ban				Robbanóanyag-szükséglet az árok egy fm-re különböző talajoknál kg-ban			
					Homokos kavicsos föld	Nedves homok	Agyagos homok és kőves talaj	Igen kemény agyag	Homokos kavicsos föld	Nedves homok	Agyagos homok és kőves talaj	Igen kemény agyag
2.5	2.7	1.65	1.9	2.9	24	30	36	46	8.2	10.7	12.6	16.0

A töltetek egymástól való távolságát sem számítással határozza meg, hanem csak arról rendelkezik, hogy ez az érték az ellenállási vonal 1,5-1,75-szöröse. A robbantáskor szétrepülő talajrészecskék legnagyobb hatótávolsága viszont megint megjelenik (a *Műszaki oktatás* ezt nem tárgyalta): 250–270 m-ben határozza meg, azzal a kitételrel, hogy ez az érték erős szélben, szélirányban 25-30%-kal növekedhet.

Az *E.-Mű. I. Ideiglenes robbantási utasítás* (1950) a robbanás hatásöveit változatlan formában tárgyalja, akárcsak a töltet hatásmutatójának (n) értelmezését. Változatlanul átveszi a *Segédlet*-ből a megerősített, a szabványos és a domborító hatású töltet felosztást, a zúzó (rejtett hatású) töltetet viszont föld alatti hatású töltetnek nevezi. Újdonság, hogy a legnagyobb rombolási és rezgési sugarak meghatározására az alkalmazott töltéttípusok függvényében külön képleteket ad meg, melyet táblázatban foglal össze (37. táblázat).

37. táblázat

A legnagyobb rombolási és rezgési sugarak meghatározására szolgáló képletek, a szerelt töltetek különböző fajtái szerint<sup>443</sup>

A szerelt töltet fajtája:	A rombolás sugara:		A rezgés sugara (veszélytelenség határa)	
	függőleges	vízszintes	függőleges	vízszintes
Megerősített	$3 \frac{h}{\sqrt{0,4+0,6n^2}}$	$1,4 h \sqrt{0,4+0,6n^2}$	$3 \frac{h}{\sqrt{0,4+0,6n^2}}$	$1,75 h \sqrt{0,4+0,6n^2}$
Szabványos	h	1,4 h	1,4 h	1,75 h
Domborító hatású	0,7 h	h	h	1,2 h
Földalatti hatású	0,67 h	0,8 h	0,8 h	h

A robbanóanyag mennyiségének meghatározása már képlet segítségével történik, mely fő elveit tekintve megegyező az eddigiekkel:

$$C = K \times h^3 \times (0,4 + 0,6 n^3) \quad [54]$$

C: a robbanóanyag tömege kg-ban;

K: a talaj fajlagos tényezője, mely a talaj fajtájának és az alkalmazott robbanóanyagának a függvénye (a 38. táblázat alapján);

n: a töltet hatásmutatója, melynek értéke legfeljebb 3 lehet;<sup>444</sup>

h: a legkisebb ellenállás vonala m-ben<sup>445</sup>.

<sup>442</sup> Uo., 13. sz. táblázat, 160.

<sup>443</sup> E.-mű. I. Ideiglenes robbantási utasítás. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 19. sz. táblázat, 210.

<sup>444</sup> Kiszámítása a [21]-es képlet szerint, csak a legkisebb ellenállás vonalát nem 'v'-vel, hanem 'h'-vel jelölik.

<sup>445</sup> Értelmezése megegyező az eddig tárgyaltakkal.



38. táblázat

A 'K' tényező értékei különböző kőzet- és talajfajták robbantásánál, alacsony és közepes hatóerejű robbanóanyag esetében<sup>446</sup>

Folyó- szám	Kőzet és talaj megnevezése	A „K” értéke	
		ala- osony	köz- pes
1.	Frissen hányt laza föld . . . . .	0,50	0,43
2.	Sarga homokos föld . . . . .	0,95	0,82
3.	Termőföld . . . . .	1,10	0,95
4.	Föld homokkal és kavicsal . . . . .	0,98	0,85
5.	Tömör, tiszta homok . . . . .	1,20	1,03
6.	Neíves homok . . . . .	1,27	1,10
7.	Kemény homok (agyagos homok) . . . . .	1,29	1,10
8.	Föld kővel keverve . . . . .	1,36	1,17
9.	Erős kék agyag . . . . .	1,37	1,18
10.	Homokos agyag . . . . .	1,37	1,18
11.	Türemelékutalaj . . . . .	1,33	1,19
12.	Putóhomok . . . . .	1,44	1,24
13.	Agyag homokkal és kőves talaj . . . . .	1,50	1,29
14.	Kék kavicsos agyag . . . . .	1,64	1,41
15.	Homok kemény agyagos csomókkal . . . . .	1,65	1,42
16.	Rendkívül kemény agyag . . . . .	1,90	1,64
17.	Meszes szikla, repedő-montos . . . . .	2,15	1,87
18.	Gránitszikla, vagy gneisz . . . . .	2,58	2,25
19.	Gyöngén rakott kőfal . . . . .	1,06	0,94
20.	Közepes kőfal . . . . .	1,50	1,31
21.	Szilárdan rakott fal . . . . .	2,15	1,81
22.	Szilárdan rakott kőfal cementkötéssel . . . . .	2,40	2,09
23.	Terméskőfal . . . . .	2,82	2,45
24.	Jó cement gránit beton . . . . .	3,59	3,12

Megjegyzés: Ha az anyagban repedések vannak, a „K” tényező értéke 1,5–2-szer csökkenthető.

A táblázat végén ismét megjelenik a korábban már említett fordítási hiba. Természetesen ebben az esetben is a 'K' tényező értékének 2/3-ára, illetve felére történő csökkentésről van szó.

Különböző hatású töltetek alkalmazása esetén 'n' értéke az alábbiak szerint állapítandó meg:

- szabványos töltetnél (derékszögű tölcser):  $n = 1$ ;
- megerősített töltetnél (tompaszögű tölcser):  $n > 1$ ;
- csökkentett töltetnél (hegyesszögű tölcser):  $n < 1$ .

Ugyancsak tárgyalja az *Ideiglenes utasítás* a „hátrahagyott tölcser” főbb méreteit, melyeket táblázatba foglal (39. táblázat).

39. táblázat

A hátrahagyott tölcser mélysége és a tölcserkoszorú magassága<sup>447</sup>

Ha a szerelt töltet hatás mutatója . . . . .	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
Akkor a vissza aradó tölcser mélysége . . . . .	0,5 h	0,75 h	1,0 h	1,2 h	1,4 h
A koszorú magas-ága . . . . .	0,32 h-tól 0,36 h-ig				

Külön alfejezetben foglalja össze a hajító robbantást, melyen belül a tölcserképzéssel és az árkok összpontosított töltetekkel történő robbantásával találkozunk.

Tölcserképzés esetén a keletkező átmérőt az alábbi képlet alapján rendeli meghatározni:

$$D = 2 \times n \times h \quad [55]$$

n és h: az [54]-es képlet szerinti tényezők;

D: a kirobbantott tölcser átmérője m-ben.

<sup>446</sup> E.–mű. I. *Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 17. sz. táblázat, 205.

<sup>447</sup> *Uo.*, 18. sz. táblázat, 207.

Árkok robbantása esetén az egy tűzben robbantott töltetek egymástól való távolsága:

$$a_n = h \times (0,4 + 0,6 \times n^3)^{1/3} \quad [56]$$

$a_n$ : a töltetek egymástól való távolsága m-ben;

$h$  és  $n$ : az [54]-es képlet szerinti tényezők.

Az ' $a_n$ ' értékének meghatározását ( $n$  különböző értékei esetén), valamint a  $(0,4 + 0,6 n^3)$  és  $(0,4 + 0,6 n^3)^{1/3}$  kifejezések értékeit táblázatokba foglalták a számítások megkönnyítésére.

40. táblázat

Az  $a_n$  távolságok, valamint a  $(0,4 + 0,6 \times n^3)$  és a  $(0,4 + 0,6 \times n^3)^{1/3}$  kifejezések értékei<sup>448</sup>

Az ' $a_n$ ' távolságok:

$n$	$a_n$	$n$	$a_n$
1	1h	1.75	1.5h
1.25	1.15h	2.0	1.75h
1.5	1.35h	2.5	2.00h

A  $(0,4 + 0,6 n^3)$  és  $\sqrt[3]{0,4 + 0,6 n^3}$  kifejezések értékei:

A szerelt töltet határis mutatója: $n, n'$	$(0,4 + 0,6 n^3)$	$\sqrt[3]{0,4 + 0,6 n^3}$	A szerelt töltet határis mutatója: $n, n'$	$(0,4 + 0,6 n^3)$	$\sqrt[3]{0,4 + 0,6 n^3}$	A szerelt töltet határis mutatója: $n, n'$	$(0,4 + 0,6 n^3)$	$\sqrt[3]{0,4 + 0,6 n^3}$
0.50	0.480	0.782	1.35	1.88	1.23	2.20	6.79	1.89
0.55	0.506	0.796	1.40	2.05	1.27	2.25	7.27	1.94
0.60	0.530	0.810	1.45	2.27	1.31	2.30	7.70	1.98
0.65	0.566	0.825	1.50	2.43	1.34	2.35	8.20	2.02
0.70	0.610	0.843	1.55	2.64	1.38	2.40	8.69	2.05
0.75	0.654	0.868	1.60	2.86	1.42	2.45	9.28	2.10
0.80	0.700	0.887	1.65	3.10	1.46	2.50	9.78	2.14
0.85	0.769	0.915	1.70	3.35	1.49	2.55	10.35	2.18
0.90	0.840	0.943	1.75	3.63	1.535	2.60	10.95	2.22
0.95	0.915	0.970	1.80	3.90	1.57	2.65	11.60	2.26
1.00	1.000	1.000	1.85	4.21	1.61	2.70	12.20	2.30
1.05	1.095	1.020	1.90	4.52	1.65	2.75	12.90	2.34
1.10	1.200	1.060	1.95	4.87	1.68	2.80	13.60	2.38
1.15	1.313	1.100	2.00	5.20	1.73	2.85	14.30	2.42
1.20	1.437	1.130	2.05	5.60	1.77	2.90	15.00	2.46
1.25	1.527	1.160	2.10	5.96	1.81	2.95	15.90	2.51
1.30	1.720	1.200	2.15	6.40	1.85	3.00	16.60	2.55

Az egy sorban lévő töltetek esetén a robbanóanyag tömegét az [52]-es képlet szerint kellett meghatározni, de amennyiben  $h < 1,5$  m esete állt fenn, a tölteteket 25–50%-kal meg kellett növelni. Háromszög keresztmetszetű árok esetén a képletbe  $n = 1,5$ – $2,0$  értéket ajánl behelyettesíteni.

Tárgyalja az *Ideiglenes utasítás* a két- és háromsoros hajító robbantást is. Ebben az esetben az egyes sorok tölteteit egymáshoz viszonyítva eltoltan, „sakktáblaszerűen” kell elhelyezni. A sorok és a soron belül a töltetek közötti távolságot egyaránt  $a_n$ -nek kell venni. Kétsoros robbantás esetén  $n = 1,5$ – $2,5$ , háromsoros robbantásnál a középső soron plusz  $0,25$ – $0,5$ -tel megnövelt ' $n$ ' értékkel kell számolni.

Amennyiben a ' $K$ ' tényező értéke nem állapítható meg pontosan, úgy azt próbarobbantás végrehajtásával kell ellenőrizni. Ennek végrehajtási módszerét pontosan ismerteti<sup>449</sup> a 190. pontban (mivel a későbbi szabályozások erre vonatkozóan ugyan rendelkeznek, de módszert már nem adnak hozzá, a 11. mellékletben bemutatjuk).

Először jelenik meg a töltetüregző robbantás, melynek célja a fűrt lyukakban olyan üreg képzése, melyben nagyobb mennyiségű robbanóanyag is elhelyezhető. A fajtás nélkül robbantandó töltet tömegének megállapítása:

<sup>448</sup> Uo., 20. és 21. sz. táblázatok, 211–212.

<sup>449</sup> Uo., 190. pont, 214.

$$c = K_0 \times C \quad [57]$$

c: az „üregvágó töltet” tömege (alacsony hatóerejű robbanóanyag esetén) kg-ban;

C: a főtöltet tömege, mely számára a töltetüreget készítjük (kg-ban);

$K_0$ : a talajtól függő tényező, melynek értékei:<sup>450</sup>

- termőtalaj, agyag: 0,003–0,005,
- mészkő, márga, pala: 0,01–0,035,
- fagyott agyagos és tőzeges talaj: 0,005–0,01,
- homokkő, gránit, szienit: 0,06–0,10,
- dolomit, mészkő: 0,1–0,2.

Külön hangsúlyozza az *Ideiglenes utasítás*, hogy töltetüregező robbantás esetén legalább 25 m biztonsági távolságot kell tartani.

Az árok robbantásának tárgyalása után külön mutatja be a harcokosiárok létesítését robbantással. Az 'n' tényező értékét 1,5 és 2,0 között választva, a harcokosiárok főbb méretei a következőképpen állapíthatók meg:

- Az árok mélysége (f), m-ben:

$$f = 0,75 \times n \times h \quad [58]$$

- Az árok szélessége (d), m-ben:

$$d = 2,25 \times n \times h \quad [59]$$

- A legkisebb ellenállási vonal számítása (1,5 m-nél kisebb nem lehet):

$$h = 1,33 \times f/n \quad [60]$$

A számítást itt is egy táblázat könnyíti meg, amely adatait tekintve sokban hasonlít a *Segédlet*ben található-hoz (lásd a 36. táblázatot). Külön érdekesség, hogy bár az *Ideiglenes utasítás* nem tárgyalja a nyújtott töltetek számításának módját, a táblázatban mégis konkrét értékeket közöl ezekre vonatkozóan is (41. táblázat).

41. táblázat

*Harcokosiárok főbb adatai robbantással való elkészítésük esetén*<sup>451</sup>

Árok megjelölése	Árok mélysége m-ben	Árok sz. lejárta m-ben	Szerelt töltet hatáskimutatója	Ellenállási vonal m-ben	Töltetek közötti távolság m-ben	A furt lyuk mélysége m-ben	Ammonitból összeállított töltetek nagvsága különböző talajban, kg-ban				Ammonit szükséglet 1 fm árokra, különböző talajban, kg-ban			
							I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
Nehéz harcokosiárok	2·5	7·5	2·0	1·66	2·9	1·9	23·4	30·4	35·9	45·5	8·2	10·7	12·6	16·0

Az 1953-as kiadású, *Robbantások*<sup>452</sup> című (akkor még titkos) szolgálati könyv igyekszik megvilágítani az *Ideiglenes utasítás*ban foglalt képletek elméleti alapjait is. Ugyanakkor először vezeti be a 'p' visszamaradó mélység jelölést, melyet mint 'n'-től függő értéket vizsgál, és több képletet is közöl meghatározására:

- általános alak:

$$p = 0,33 \times h / (2 \times n - 1), \quad [61]$$

- ha viszont  $n = 1,0-2,0$ , akkor:

$$p = 0,45 \times e \times (2 \times n - 1), \quad [62]$$

e: a legkisebb ellenállási vonaltól (h) függő tényező, és értékei:

$$h = 5 \text{ m-ig: } e = 1,0,$$

$$h = 5-10 \text{ m: } e = 0,9,$$

$$h > 10 \text{ m: } e = 0,8;$$

- trolit esetén:

<sup>450</sup> *Uo.*, 193. pont, 215.

<sup>451</sup> *Uo.*, 22. sz. táblázat, 219.

<sup>452</sup> *Robbantások*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1953.

$$p = 0,5 \times n \times h \quad [63]$$

Nagyon érdekes módon bizonyítja (az eddigi utasítások közül először), hogy „egyetlen robbantással nem lehet keskeny és mély árkot készíteni”.<sup>453</sup>

A keletkező tölcser összmélységét  $p_1$ -gyel jelöli, és a visszamaradó mélységgel, valamint a tölcserkoszorú magasságával veszi egyenlőnek. Ezt hasonlítja össze a tölcserkoszorú gerincén mért átmérőjével ( $d_1$ ), melyet az [59]-es képlet szerint állapít meg. Bevezet azonban  $p_1$  számítására egy újabb (immár negyedik képletet is), minden magyarázat nélkül:

$$\begin{aligned} d_1 &= 2,25 \times n \times h \\ p_1 &= p + q = 0,75 \times n \times h \\ d_1/p_1 &= 3 \end{aligned} \quad [64]$$

Ugyancsak a *Robbantások* alkalmaz először számítást a talajrögök legnagyobb repülési távolságának ( $L$ ) megállapítására a hajtó robbantásnál:

- a töltetsorra merőleges irányban:

$$L = 40 \times h \times n^2, \quad [65]$$

- a töltetsor hosszának irányában:

$$L = 20 \times h \times n^2. \quad [66]$$

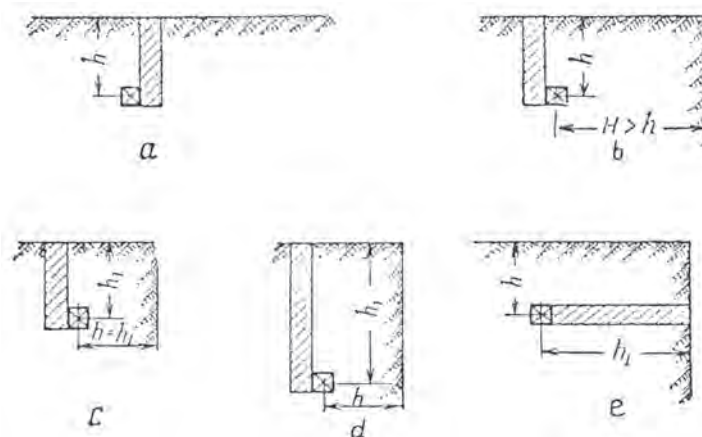
Megjegyzésként említi a könyv, hogy a számítást  $h > 10$  m esetére nem ellenőrizték, valamint itt is figyelmeztet arra, hogy erős szélben a számított érték 25–50%-kal is megnőhet.

A *Mű/2. Robbantási utasítás* (1965) új alapokra helyezi az 1945 utáni földrobbantás elméletét és gyakorlatát. A robbantás hatásöveit három részre bontja, úgymint zúzási, rombolási és rezgési öv. Míg az *Ideiglenes utasítás* a hasonló rendszerezése után megjegyzi, hogy a rombolási öv magában foglalja a hajtási és repesztési övet, addig ez a kitétel a *Mű/2.*-ből kimaradt.<sup>454</sup> A töltetek típusainál megkülönbözteti a talajkidobó töltetet, a lazítótöltetet és a föld alatti hatású töltetet. Alakjukat tekintve a felsorolt töltetfajták lehetnek összpontosított és nyújtott töltetek.

A töltet hatásmutatójának ( $n$ ) értelmezése és számítása megegyezik az előzőekkel. Értéke talajt kidobó töltet esetén  $n > 1,0$ , lazítótöltetnél  $n < 1,0$ , míg föld alatti hatású töltetnél  $n = 0$ . A talajt kidobó töltetknél a leggazdaságosabb robbanóanyag-felhasználás akkor biztosított, ha:

- összpontosított töltetknél:  $n = 1,5-3,0$  (az optimális érték  $n = 2,0$ );
- nyújtott töltetknél:  $n = 2,0-3,5$  (az optimális érték  $n = 2,7$ ).

A legkisebb ellenállási vonal értelmezését különböző töltetelhelyezések esetén a 113., míg a kialakuló tölcser keresztmetszetének viszonyát a töltet hatásmutatójához a 114. ábra szemlélteti.



113. ábra

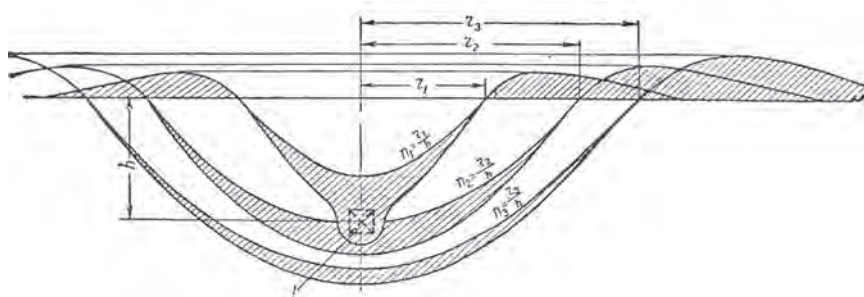
A legkisebb ellenállás ( $h$ ) vonala és a töltet ( $h_1$ ) behelyezési mélysége közötti összefüggések<sup>455</sup>

<sup>453</sup> *Uo.*, 101.

<sup>454</sup> Már az 1903-as *Kézikönyv* említi, hogy a „romboló” és a „repesztő” öv hatásának határvonala nem állapítható meg pontosan.

A *Műszaki oktatás* (1928) ugyanerre a megállapításra jut a „hajtás” és a „repesztés” öveire vonatkozóan.

<sup>455</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965, 98. sz. ábra, 143.



114. ábra

A tölcsérek vázlatja a töltet hatásmutatójának különböző értékeinél<sup>456</sup>

A töltetek számítása az alábbi képletekkel történik.

- Összpontosított töltetek esetén:

$$C = K \times M \times h^3 \quad [67]$$

- Nyújtott töltetek esetén:

$$C_{ny} = K \times M_{ny} \times h^2 \quad [68]$$

C: az összpontosított TNT-töltet tömege kg-ban;

$C_{ny}$ : a nyújtott töltet 1 folyóméterének tömege kg-ban;

K: a talaj fajtájától és az alkalmazott robbanóanyagtól függő tényező (42. táblázat);

M és  $M_{ny}$ : a töltet hatásmutatójától függő tényező (43. táblázat);

h: a legkisebb ellenállás vonala m-ben.

42. táblázat

A 'K' tényező értékei közepes hatóerejű robbanóanyagoknál<sup>457</sup>

A talajok és a sziklás kőzetek megnevezése	A kőzetek szilárdsági kategóriája	A K értékei
Frissen szórt laza föld	I	0,26—0,33
Növényi talaj	II	0,33—0,57
Homokos és kavicsos föld	II	0,51—0,83
Tömör vagy nedves homok	I	0,83—0,89
Laza homok	I	1,06—1,18
Homokos talaj	II	0,56—0,77
Homokos agyagtalaj	III	0,68—0,83
Agyag	III	0,82—0,90
Szilárd agyagfajták, lösz, kréta, gipsz, mállott tufa, nehéz tömör habkő, mészcementes konglomerátum és breccsak	IV—VI	0,90—1,05
Agyagos cement bázisú homokkő, pala, agyagos mészkő, márga, tömör karbonagyag	VII—VIII	0,90—1,15
Mészkőcement bázisú homokkő, dolomit, mészkő, mész, szilárd (erős) márga	VIII—X	0,90—1,25
Szilárd homokkő és mészkő	VIII—XII	0,95—1,40
Gránit	IX—XVI	1,25—1,60
Kvarcit	XIV	1,25—1,40
Bazalt, andezit	XII—XVI	1,25—1,60
Porfirit	XIV—XV	1,40—1,50

<sup>1</sup> Alacsony hatóerejű robbanóanyag alkalmazása esetén a K tényező értékeit 20 %-kal növeljük.

<sup>456</sup> Uo., 99. sz. ábra, 144.

<sup>457</sup> Uo., 22. sz. táblázat, 145–146.

43. táblázat  
Az  $M$  és az  $M_{ny}$  tényező értékei<sup>458</sup>

n	M	My	n	M	My
0,00	0,70	0,70	1,05	1,84	1,84
0,05	0,70	0,70	1,10	2,00	1,73
0,10	0,70	0,71	1,15	2,18	1,83
0,15	0,70	0,72	1,20	2,39	1,94
0,20	0,70	0,73	1,25	2,61	2,05
0,30	0,70	0,77	1,30	2,85	2,17
0,35	0,70	0,80	1,35	3,11	2,29
0,40	0,71	0,83	1,40	3,38	2,42
0,45	0,74	0,86	1,45	3,69	2,55
0,50	0,78	0,90	1,50	4,01	2,60
0,55	0,83	0,95	1,55	4,36	2,83
0,60	0,88	0,99	1,60	4,73	2,99
0,65	0,95	1,05	1,65	5,14	3,14
0,70	1,02	1,10	1,70	5,57	3,31
0,75	1,10	1,17	1,75	6,02	3,47
0,80	1,20	1,23	1,80	6,51	3,65
0,85	1,30	1,30	1,85	7,04	3,83
0,90	1,41	1,38	1,90	7,59	4,01
0,95	1,54	1,46	1,95	8,18	4,21
1,00	1,68	1,55	2,00	8,81	4,40
2,05	9,48	4,61	3,05	33,2	10,0
2,10	10,2	4,82	3,10	35,0	10,4
2,15	10,9	5,04	3,15	36,9	10,8
2,20	11,7	5,26	3,20	38,9	11,1
2,25	12,5	5,49	3,25	41,0	11,7
2,30	13,4	5,70	3,30	43,2	11,8
2,35	14,3	5,97	3,35	45,4	12,2
2,40	15,3	6,22	3,40	47,7	12,6
2,45	16,3	6,47	3,45	50,1	13,0
2,50	17,4	6,73	3,50	52,6	13,4
2,55	18,5	7,00	3,55	55,2	13,8
2,60	19,7	7,28	3,60	57,9	14,2
2,65	21,0	7,58	3,65	60,7	14,7
2,70	22,3	7,85	3,70	63,6	15,1
2,75	23,6	8,14	3,75	66,5	15,5
2,80	25,1	8,45	3,80	69,6	16,0
2,85	26,6	8,76	3,85	72,8	16,4
2,90	28,1	9,07	3,90	76,1	16,9
2,95	29,7	9,40	3,95	79,5	17,4
3,00	31,4	9,73	4,00	83,0	17,8
4,05	86,6	18,3	4,30	106	20,9
4,10	90,4	18,8	4,35	111	21,4
4,15	94,2	19,3	4,40	115	21,9
4,20	98,2	19,8	4,45	120	22,5
4,25	102,3	20,3	4,50	125	23,0

A  $M_{ny}/2$ . egyszerűsített képleteket is ajánl az  $M$  és  $M_{ny}$  tényezők értékeinek meghatározására:

$$M = 0,31 \times (n^2 + 1,3)^2 \quad [69]$$

$$M_{ny} = (n + 0,2)^2 \quad [70]$$

Az utasítás annyi megjegyzést fűz a képletekhez, hogy a [69]-es az  $n = 0,5-3,5$ , míg a [70]-es az  $n = 1,1-4,5$  értékek között alkalmazható.

Amennyiben többrétegű talajban kell a robbantást végrehajtani, úgy a 'K' tényezőt számítással kell meghatározni:

$$K_{sz} = \frac{K_1 \times a_1 \times a_1 / 2 + K_2 \times a_2 \times (a_1 + a_2 / 2) + \dots}{p \times p / 2} \quad [71]$$

$K_1, K_2$  stb.: a K tényező értékei az első, második stb. rétegnél;

$a_1, a_2$  stb.: az első, második stb. réteg vastagsága m-ben;

p: a tölsér számítási (visszamaradó) mélysége m-ben.

<sup>458</sup> Uo., 23. sz. táblázat, 147-148.

A rétegeket mindig alulról kell számolni, így a legalsó kivételével mindegyik pontosan lemérhető. A legalsó réteg vastagságát az alábbi képlet szerint állapíthatjuk meg:

$$a_1 = p - (a_2 + a_3 + \dots) \quad [72]$$

A tölcser visszamaradó mélységének ( $p$ ) meghatározását szolgálja a következő képlet:

$$p = K_o \times n \times h = K_o \times r \quad [73]$$

$K_o$ : a talaj tulajdonságaitól függő tényező, melynek értékei

- száraz homoknál: 0,40–0,45,
- nedves homoknál, homokos agyagnál, homokos talajnál: 0,45–0,55,
- agyagnál: 0,50–0,60.

Ez a képlet valóban igazolja azt az 1953-as *Robbantások* című könyvben már jelzett tényt, hogy robbantással nem lehet olyan tölcser-t létesíteni, melynél a mélységnek és a sugárnak bármilyen megadott viszonya lehet.

A képződő tölcser egyéb adatainak számítása (115. ábra):

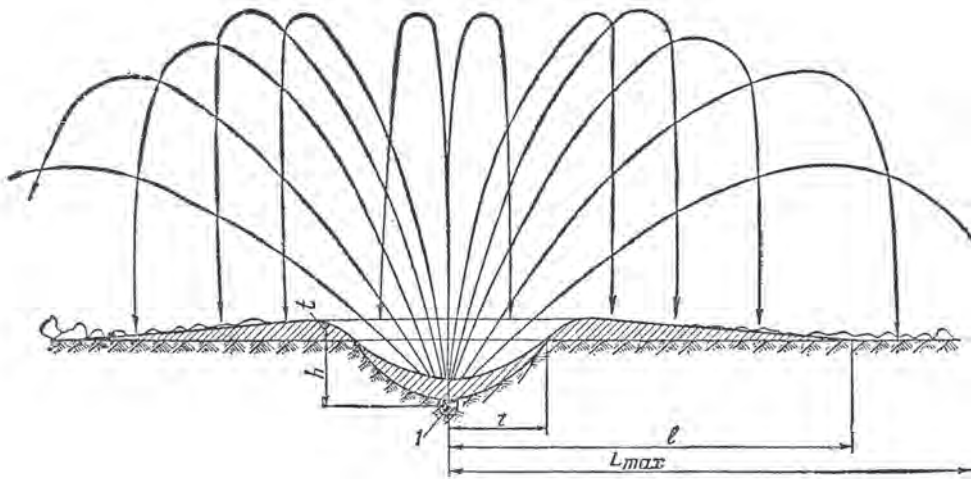
- a tölcserkoszorú magassága:

$$t = 0,15 \times r, \quad [74]$$

- a tölcserkoszorú külső határának sugara:

$$l = 5-7 \times r, \quad [75]$$

- az egyes talajrögök legnagyobb szóródási távolsága az *Ideiglenes utasítás* [65]-ös képlete szerint.



115. ábra

*A talaj szétrepülésének vázlatja hajító robbantáskor*<sup>459</sup>

Ugyancsak új a *Mű/2. Utasítás*ban a felszínen szabadon felfektetett töltetek alkalmazásának lehetősége, melyek számítása:

- összpontosított tölteteknél

$$C = 35 \times K \times r^3, \quad [76]$$

- nyújtott tölteteknél

$$C_{ny} = 12 \times K \times r^2. \quad [77]$$

A *Mű/2. utasítás* foglalkozik az árkok összpontosított töltetekkel történő robbantásával is. Az egyes tölcserok robbantásához szükséges töltetek tömegét a [67]-es képlet szerint kell meghatározni,  $n = 1,5-2,0$  értékei mellett. A töltetek egymástól való ún. „normáltávolságát” az alábbi képlet szerint kell számítani:

$$a_n = 0,7 \times h \times (n^2 + 1)^{1/2} \quad [78]$$

Az  $a_n$  értékének meghatározását itt is egy kis táblázat könnyíti meg, ugyanúgy, mint az *Ideiglenes utasítás* esetében. A két táblázat értékeit összehasonlítva maximum néhány század eltérést tapasztalhatunk, holott a meghatározásukhoz használt [78]-as és [56]-os képletek alakjukban jelentősen különböznek

<sup>459</sup> *Uo.*, 101. sz. ábra, 152.

egymástól. A harckocsiárok robbantásának megtervezését itt is két táblázat segíti. Egyik az  $a_n$  értékeit (44. táblázat), a másik pedig a robbanóanyag-töltet tömegét adja meg (45. táblázat). A táblázat érdekessége, hogy tovább finomítja a robbanóanyag meghatározását a talaj függvényében (már ötféle talajból lehet választani).<sup>460</sup>

44. táblázat

Az összpontosított töltetek közötti normáltávolságok<sup>461</sup>

n	$a_n$	n	$a_n$	n	$a_n$
1,00	h	1,75	1,41h	2,50	1,90h
1,25	1,12h	2,00	1,56h	2,75	2,07h
1,50	1,27h	2,25	1,74h	3,00	2,24h

45. táblázat

Fő robbanóanyag-mutatók harckocsiárok robbantással történő elkészítéséhez<sup>462</sup>

A talaj megnevezése	A robbanás hatás-mutatója	Összpontosított töltetek				Nyújtott töltetek	
		Legkisebb ellenállás (h) vonala (m)	Egy töltet (C) súlya, (kg)	Töltetek közötti ( $a_n$ ) távolság a sorban (m)	Robbanó anyag felhasználás az árok 1 fm-ére (kg/m)	Legkisebb ellenállás (h) vonala (m)	A töltet 1 fm-ének ( $C_v$ ) súlya (kg/m)
Homok	2	1,60	24,0	2,50	9,60	1,00	7,40
Homokos agyagtalaj	2	1,60	25,0	2,50	10,0	1,60	7,8
Szilárd agyag	2	1,60	38,0	2,50	15,2	1,60	11,9
Tömör megszilárdult lösz	2,5	1,30	42,0	2,45	17,2	1,30	12,6
Homokkő	2,5	1,30	48,0	2,45	19,6	1,30	14,4

A töltetek két sorban történő elhelyezése esetén a sorok egymástól való távolsága itt is a normáltávolsággal egyenlő, akárcsak az *Ideiglenes utasítás* előírása szerint, de itt már nem utal esetleges töltetmennyiség-növelésre. Három sor töltet esetén viszont – a saktáblaszerű elrendezés mellett – elődjéhez hasonlóan az 'n' értékének 0,5-tel növelését rendeli el a középső soron, sőt e sor 1-2 másodperces késleltetéssel történő robbantását is javasolja (a szélső sorokhoz képest).<sup>463</sup>

A *Mű/2. Robbantási utasítás* az elődjét meghaladó részletességgel tárgyalja a töltetüregző robbantást. Már változás tapasztalható az [55]-ös képlethez viszonyítva is a töltetmennyiség meghatározásában:

$$C_k = (2 \times C) / m^3 \quad [79]$$

$C_k$ : a töltetüreg robbantásához szükséges töltet tömege kg-ban;

C: annak a töltetnek a tömege kg-ban, amelynek részére a töltetüreg készül;

m: a talaj tulajdonságaitól függő tényező (46. táblázat).

<sup>460</sup> Csak emlékeztetőül: a *Kézikönyv* és a *Műszaki oktatás* három-háromféle talajra adott értékeket, a *Segédlet* és az *Ideiglenes utasítás* pedig négyre.

<sup>461</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965, 25. sz. táblázat, 158.

<sup>462</sup> *Uo.*, 16. sz. táblázat, 160.

<sup>463</sup> A dolog azért érdekes, mert késleltetett villamos gyutacs sem a Magyar Néphadseregben, sem a Szovjet Hadseregben – a magyar *Utasítás* az orosz nyelvű anyag paralel fordítása volt – nem volt rendszeresítve, ennek következtében a kiképzés során sem oktatták (a kiképzési programban nem szerepelt, még ha az *Utasítás* mellékletében említik is). A biztonsági rendszabályok viszont egyértelműen kimondják, hogy „a (robbantási) munkák végrehajtására kijelölt valamennyi személy ismerje a (...) gyújtószereket, (...) azok tulajdonságait és a velük való munkák szabályait” (372. oldal, 413/b. pont). Vagyis ha a biztonsági rendszabályokat betartják, akkor nem volt olyan katona, aki ilyen robbantást végrehajthatott volna!



46. táblázat

Az 'm' tényező értékei közepes hatóerejű robbanóanyagoknál<sup>464</sup>

A talajok és sziklás kőzetek megnevezése	A kőzetek szilárdsági kategóriája	Az m értékei	
		Összpontosított tölteteknél	Nyújtott tölteteknél
Lemezes agyag	III	11,2–12,9	37,5–46,0
Közönséges agyag	IV	6,4–9,8	16,3–30,8
Laza márga	V	5,4–7,6	12,5–20,6
Sötétkék törmelékanyag, homokos agyag, kővér homokos agyagtalaj	IV	4,8–6,6	10,4–17,1
Laza kréta, kagylós mészkő	VI	3,8–4,6	7,4–10,0
Közepes szilárdságú márga, márgás dolomit, laza, erősen repedezett mészkő	VI–VII	1,8–3,2	2,4–5,6
Aprószemcsés gipsz, szilárd pala, erősen repedezett gránit, közepesen repedezett mészkő	VI–IX	1,8–2,9	2,4–4,9
Közepesen repedezett gránit, tömör mészkő, homokkő, dolomit	VIII–XIII	1,6–2,5	2–4
Márvány, szilárd mészkő, tömör gránit, durva szemcsés gipsz, szilárd dolomit	VIII–XVI	1–2	1–3

Amennyiben a robbantólyukba nem fér be egyszerre a meghatározott  $C_k$  töltet, úgy az utasítás többszöri „rálövést” ajánl:

- kétszeri rálövés esetén a töltet megosztása az alkalmazás sorrendjében:  $1/3 C_k - 2/3 C_k$ ;
- háromszori rálövés esetén az alábbiak szerint javasolja a töltet megosztani:  $0,2-0,3-0,5 C_k$ .

Az egyes robbantások végrehajtása között, illetve a töltetüreg robbanóanyaggal történő feltöltése előtt 30 perc várakozási időt kell tartani.

A *Mű/213. Robbantási utasítás* (1971) fő vonalaiban a *Mű/2.* utasításban foglaltakat tartalmazza a földrobbantásra vonatkozóan, mindössze kisebb finomítások tapasztalhatók.

Mind a töltetek hatásveit, mind pedig az alkalmazható tölteteket illetően egyezik a két utasítás. Anynyi a változás, hogy meghatározza földrobbantás esetén a nyújtott töltet fogalmát, mely szerint a hosszuk legalább 30-szorosan meg kell haladja a legkisebb keresztirányú méretüket.<sup>465</sup>

Nincs változás sem a legkisebb ellenállási vonal, sem a töltet hatásmutatója tekintetében. A robbanóanyag-mennyiség meghatározása is a [67]-es és [68]-as képletek szerint történik. Kis korrekció, hogy összpontosított töltetek esetében, amennyiben 'h' értéke több mint 25 m, úgy a [67]-es képlet szerint meghatározott töltet tömegét meg kell szorozni  $0,2 \times h^{1/2}$  tényezővel.

Pontosítja a fajlagos robbanóanyag-fogyás (K) értékét is (47. táblázat). Az utasítás emellett megemlíti, hogy 'K' értékét célszerű próbarobbantással pontosítani, de a végrehajtás mikéntjéhez nem nyújt módszertani segítséget.

<sup>464</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965, 24. sz. táblázat, 155.

<sup>465</sup> Alapelveként azt írja az *Utasítás*, hogy „a nyújtott töltet hossza több mint az ötszöröse a legkisebb keresztmetszeti méretének” (18. oldal, 37. pont). Ez viszont csak a fa és a fém szerkezeti elemek robbantásánál alkalmazható, ugyanis a téglá, kő, beton, vasbeton szerkezeti elemeknél úgy rendelkezik, hogy „nyújtott töltetet akkor alkalmazunk, ha a robbantandó szerkezetek szélessége kétszer vagy annál többször nagyobb vastagságuknál” (122. oldal, 148. pont), a földrobbantásnál pedig a 30-szoros értéket rendeli el kritériumként.

47. táblázat  
*Fajlagos robbanóanyag-fogyás (K) értékei*<sup>466</sup>

Talaj, illetve kőzet megnevezése	„K” értékei, kg/m <sup>3</sup>
Frissen szórt laza föld	0,37—0,47
Növényi talaj	0,47—0,81
Agyagos homok	0,80—1,10
Homokos agyag	0,97—1,19
Tömör vagy nedves homok	1,19—1,27
Agyag	1,17—1,28
Folyó homok	1,57—1,69
Szilárd agyagfajták, lösz, kréta, gipsz, mállott tufa, nehéz, tömör habkő, mészcementes konglomerátum és breccsak	1,28—1,50
Agyagos cementbázisú homokkő, pala, agyagos mészkő, márga, tömör karbonanyag	1,28—1,64
Mészkőcement, dolomit, mészkő, magnetit, szilárd márga	1,28—1,78
Szilárd homokkő és mészkő	1,36—2,0
Gránit, granodiorit	1,78—2,28
Kvarcit	1,78—2,0
Bazalt, andezit	1,78—2,28
Porfirit	2,0 —2,15
Építőbeton	2,0 —2,60
Vasbeton (beton kiütés)	6,8

A táblázat megjegyzés rovata szerint: ammonitok esetében 'K' értékét 1,2-del, ammóniumsalétrom esetén pedig 1,8-del kell növelni. Ehhez hasonló szabállyal már a 42. táblázatnál is találkoztunk. Kísérleti robbantások tapasztalatai alapján a talajok hajító robbantása esetén ezt az 5.2.1. alpontban igyekszünk majd cáfolni.

Többrétegű talaj esetén a  $K_{sz}$  értékének meghatározása az előző utasításban ismertetettek szerint történik, azzal a különbséggel, hogy a [71]-es képlet nevezőjében lévő  $(p \times p/2)$  értéket (mely a visszamaradó mélységre vonatkozott) értelemszerűen a  $(h \times h/2)$  legkisebb ellenállási vonal (és a sík terepen végrehajtott robbantásoknál egyben a töltet elhelyezési mélysége) váltotta fel.

Ugyancsak változások találhatók az 'M' és az 'M<sub>ny</sub>' értékek táblázatában is (48. táblázat).

<sup>466</sup> Mű/213. *Robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971, 11. sz. táblázat, 132.

48. táblázat

*A töltet hatásmutatójától függő M és M<sub>ny</sub> értékei<sup>467</sup>*

		n = 0–1,00																			
n		0,00	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
M		0,33	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,41	0,43	0,46	0,49	0,53	0,57	0,61	0,66	0,72	0,78	0,84	0,92	1,00
M <sub>ny</sub>		0,43	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50	0,52	0,54	0,57	0,60	0,62	0,66	0,70	0,73	0,78	0,82	0,87	0,92

		n = 1,05–2,00																			
n		1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
M		1,09	1,19	1,29	1,41	1,54	1,67	1,82	1,98	2,16	2,35	2,55	2,77	3,00	3,25	3,52	3,81	4,12	4,45	4,80	5,17
M <sub>ny</sub>		0,97	1,03	1,08	1,15	1,21	1,29	1,35	1,43	1,51	1,59	1,67	1,76	1,85	1,95	2,04	2,14	2,25	2,35	2,48	2,60

		n = 2,05–3,00																			
n		2,05	2,10	2,15	2,20	2,25	2,30	2,35	2,40	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85	2,90	2,95	3,00
M		5,59	5,99	6,41	6,91	7,42	7,95	8,51	9,11	9,74	10,4	11,1	11,8	12,5	13,4	14,3	15,2	16,1	17,1	18,1	19,2
M <sub>ny</sub>		2,70	2,82	2,95	3,08	3,21	3,35	3,48	3,63	3,78	3,94	4,08	4,25	4,40	4,57	4,76	4,92	5,09	5,28	5,46	5,65

		n = 3,1–5,0																			
n		3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,00
M		21,5	24,1	26,8	29,5	33,0	36,5	40,3	44,4	48,8	53,5	58,6	64,0	69,8	76,0	82,6	89,6	97,1	105	113	122
M <sub>ny</sub>		8,04	8,45	8,87	9,32	9,77	10,25	10,72	11,20	11,70	12,20	12,70	13,20	13,70	14,20	14,70	15,20	15,70	16,20	16,70	17,20

		n = 5,5–20,0																			
n		5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0
M		175	243	330	438	571	732	924	1151	1418	1727	2194	2833	3583	4477	5548	6833	8389	10266	12522	15200
M <sub>ny</sub>		30,4	34,8	39,6	44,8	50,5	56,7	63,5	70,6	78,0	85,9	94,3	103,2	112,6	122,5	132,9	143,8	155,2	167,1	179,5	192,4

A tölcser visszamaradó mélységének számítása a [73]-as képlet szellemében történik, csak a 'K<sub>0</sub>' talaj tulajdonságaitól függő tényezőt ezentúl 'a'-val jelöli. Az 'a' értékei változatlanok, mindössze kiegészítésül megjelenik a kőzetre és betonra vonatkoztatott 0,6–0,7 érték.

A tölcser többi adatát változatlanul a [74]-es és [75]-ös képletek szerint kell számolni. Változott viszont a talajrészek legnagyobb szétszóródási távolságának meghatározása:

$$L = 140 \times n \times h^{1/2} \quad [80]$$

Ugyancsak megváltozott a külső szabadon felfektetett töltetekkel történő tölcser- és árokrobbantás szabályozása.

- Összpontosított töltetek esetén:

$$C = 18 \times K \times r^3, \quad [81]$$

- Nyújtott töltetek esetén:

$$C = 7 \times K \times r^2. \quad [82]$$

A tölcser (árok) visszamaradó mélységét ebben az esetben is az [56]-os képlet szerint kell meghatározni, de beton robbantása esetén az a = 0,15–0,20 értékekkel kell számolni.

Nincs változás az árkok összpontosított töltetekkel történő robbantásában, változatlan formában közli a töltetek közötti normáltávolság táblázatát is. Pontosítja viszont a harcokocsiarok-robbantás töltettáblázatát (49. táblázat).

<sup>467</sup> Uo., 12. sz. táblázat, 134.

49. táblázat

Robbanóanyagok fontosabb mutatói harcokcsíárok robbantásánál<sup>468</sup>

Talaj megnevezése	A töltet robbanási hatás-mutatója „h”	Összpontosított töltetek			Nyújtott töltetek		
		Legkisebb ellenállási vonal, „h” (m)	Egy töltet súlya, „C” (kg)	Töltetek közötti távolság a sorban, „B <sub>h</sub> ” (m)	Robb. ag. szükséglet a hk. egy fm-ére (kg/m)	Legkisebb ellenállási vonal, „h” (m)	Egy fm nyújtott töltet „C <sub>ny</sub> ” (kg/m <sup>3</sup> )
Agyagos homok	2	1,75	26,0	2,75	9,40	1,75	7,6
Homokos agyag	2	1,75	28,0	2,75	10,0	1,75	7,95
Szilárd agyag	2	1,60	32,0	2,50	12,8	1,60	9,9
Tömör, szilárd lösz	2,5	1,40	44,0	2,65	16,7	1,40	12,2
Homokkő	2,5	1,40	51,0	2,65	19,3	1,40	13,9

Megjegyzés: A harcokcsíárok visszamaradó mélysége 1,75 méter.  
A harcokcsíárok felső szélessége (talajszinten) legalább 6 méter.

Változatlan tartalommal közli a töltetüregező robbantás végrehajtásának módját. Befejezésül: a talajok és sziklás kőzetek hajtó robbantásánál érdekes megemlíteni még a *különálló kötőmbök 5-10 méterre történő hajtását a kötőmb alá*, a hajtás tervezett irányával ellentétes oldalra helyezett összpontosított töltettel. Az *Ideiglenes robbantási utasítás* (1950) még csak egy „ökölszabályt” ismertet, mely szerint 15 m<sup>3</sup>-nél nem nagyobb kövek hajtásához a töltet tömegét a kő minden egyes m<sup>3</sup>-ére számított 2 kg alacsony hatóerejű robbanóanyaggal határozhatjuk meg.<sup>469</sup> A *Mű/2. Robbantási utasítás* (1965)<sup>470</sup> és utódja, a *Mű/213. Robbantási utasítás* (1971)<sup>471</sup> viszont egy képlettel segíti a feladatot tervezőt, mely szerint a közhajtó robbanóanyag-töltet tömege:

$$C = K_1 \times V \quad [83]$$

C: a töltet tömege kg-ban;

V: a kötőmb térfogata m<sup>3</sup>-ben;

K<sub>1</sub>: a robbanóanyag tulajdonságaitól függő tényező (közepes hatóerejű robbanóanyag esetén K<sub>1</sub> = 5,0; alacsony hatóerejű robbanóanyagnál pedig K<sub>1</sub> = 6,0).

#### 2.4.2. Részkövetkeztetések

A föld alatti hatású töltetek robbantásakor keletkező hatásöveket már az 1700-as évek közepén megállapították, ezek a mai napig (kisebb finomításokkal) helytállónak bizonyultak. Ugyancsak feltárták a kirobbantott tölcser leggazdaságosabb paramétereit (a tölcser sugara = a legkisebb ellenállási vonallal; a kirobbantott tölcser oldalfalának a talaj felszínével bezárt szöge közel 45°).

Megtörtént a töltetek hatás szerinti csoportosítása, mely végül is a mai terminológia szerint hajtó, lazító, valamint föld alatti hatású töltetként foglalható össze.

Az 1800-as évek elejére kidolgozták azt az alapképletet [37], melyet a mai napig alkalmazunk, ha más jelölésekkel és kisebb finomításokkal is: eszerint a legkisebb ellenállási vonal harmadik hatványának és a töltési együtthatónak a szorzata megadja a szükséges töltetmennyiséget.

A töltési együttható függ:

- a talaj fajtájától és állapotától;
- az alkalmazott robbanóanyag fajtájától, tulajdonságaitól;
- a fojtástól;
- a töltet hatásmutatójától, mely a rombolási sugár és a legkisebb ellenállási vonal hányadosa.

<sup>468</sup> Uo., 16. sz. táblázat, 147.

<sup>469</sup> E.-mű. I. *Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 227.

<sup>470</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965, 170.

<sup>471</sup> *Mű/213. Robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971, 157.

A töltet hatásmutatójának megfelelő megválasztásával tudjuk elérni, hogy a töltet hajítsa, lazítsa a talajt (kőzetet) vagy csak annak belsejében fejtsen ki hatást. A töltési együtthatót kezdetben összevontan, egy értékben határozták meg, majd felbontották két tényezőre, melyből az egyik segítségével lehetett a talajt és az alkalmazott robbanóanyagot figyelembe venni, a másikkal pedig a robbanás kívánt hatását biztosítani. Ezáltal egyre pontosabb robbantások végrehajtására nyílt lehetőség. A ma alkalmazott képletekkel számított töltetek robbantási gyakorlatomban minden esetben az előre eltervezett hatást hozták.

A *Műszaki szemle* 1927/1–3. számaiban közölt cikksorozat a „központosított aknák” hatásának számításáról bizonyítja, hogy a robbantási szakemberek már akkor tudományos alapossgal vizsgálták ezt a kérdéskört, és nem elégedtek meg a robbantási gyakorlat tapasztalatainak elemzésével.

Az összpontosított töltetekkel történő árokrobbantás szabályait is megfelelő pontossággal közölték már a múlt század elején, bár itt elég nagy fejlődés tapasztalható a töltetek egymástól való távolságának meghatározásában.

Mai földrobbantási szabályaink (mint már említettem) 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.

### 2.4.3. Javaslatok a földrobbantás tervezésének és kivitelezésének változtatásával kapcsolatban

1. Úgy a jelenlegi, mint a megelőző utasítások nem kellő logikai rendszerben tárgyalják a földrobbantás tervezésének szabályait. A képletek bemutatásának sorrendje nem követi a gyakorlati életben jelentkező feladatok tervezésének sorrendjét, így nehezen „hámozhatók” ki a több oldalnyi szövegből az összetartozó részek. Ez igaz akkor is, ha az utasítások példákön keresztül próbálnak módszertani segítséget nyújtani ebben a kérdésben.

Olyan, tipikus feladatoknak megfelelő rendszerezésben kellene tárgyalni ezeket a szabályokat, mely a mainál nagyobb segítséget nyújtana a tervezőnek. Egy ilyen „folyamatábrát” mutatunk be a *12. mellékletben* illusztrálásul.

Ez abból indul ki, hogy például egy alapgödör kirobbantásakor:

- mely értékek ismertek, úgymint:
  - p: visszamaradó mélység,
  - K: talajtényező,
  - a: másik talajtényező,
  - B: árok felső szélessége,
  - L: árok hossza;
- melyeket kell a feladat függvényében megválasztani, úgymint:
  - n: töltet hatásmutatója,
  - M: az ettől függő tényező;
- végezetül pedig ezek ismeretében milyen értékeket milyen képletek alapján kell kiszámolni:
  - r: rombolási sugár,
  - h: legkisebb ellenállási vonal,
  - C: töltet tömege,
  - $a_n$ : töltetek egymástól való normál távolsága,
  - N: töltetek száma,
  - $\Sigma/C$ : a szükséges robbanóanyag össztömege,
  - t: a tölcsérkoszorú legnagyobb magassága,<sup>472</sup>
  - l: a tölcsérkoszorú külső határának sugara,<sup>473</sup>
  - L: az egyes talajrészek legnagyobb szétszóródási távolsága.<sup>474</sup>

Bár az alfejezet elején rögzítettük, hogy a talajok és sziklás kőzetek hajító robbantásának fejlődését tekintjük át, a *13. mellékletben* összefoglaljuk a lazító robbantás jelenleg érvényes szabályait is.

<sup>472</sup> Például tüzelőállás robbantással történő kialakításánál fontos adat.

<sup>473</sup> Rajállásban, szakasztámpontban robbantással létesített fedezékek, tüzelőállások esetén meghatározza az egyes erődítési elemek egymástól való legkisebb távolságát – különben az egyik robbantással betemetjük a másik eredményét.

<sup>474</sup> Egyben a minimális biztonsági távolság értéke normál viszonyok között (köves talajnál vagy szeles időben ez tovább nőhet, az előírások szerint).

2. Ugyancsak az utasításhoz (de most már a jelenlegihez) kapcsolódik az a kritikai megjegyzésünk, hogy olyan feladatok végrehajtását is előírja, melyek kivitelezéséhez semmilyen módszertani segítséget sem nyújt. Például 'K' értékének próbarobbantással történő pontosítását javasolja, de a mikéntjét már nem közli.

Példaként lehetne venni az alfejezetben jelölt, korábbi szabályzatokban található azon korrekt leírásokat, melyek azt bizonyítják, hogy elődeink nagyobb figyelmet szenteltek az ilyen „apróságoknak” tűnő kérdéseknek is. (Nem tudom, van-e a Magyar Honvédségnél valaki, aki ilyen próbarobbantást végzett, és ha nincs, akkor nem biztos, hogy azért, mert nem is akart, inkább mert elképzelése sem volt, hogyan kezdjen hozzá.)

3. Földrobbantás alkalmazásával jelentősen meggyorsítható lenne az állások, támpontok erődítési berendezése. A feltételes mód alkalmazását az indokolja, hogy jelen pillanatban nincs rendszerben olyan hatásos fűrészköz sem a műszaki, sem az összefegyvernemi csapatoknál, mellyel gyorsan elkészíthetők lennének a töltetfuratok.

4. A probléma nem új. Egy 1984-es tudományos diákköri munkában vizsgálták hallgatóim tüzelőállások kirobbantásának lehetőségeit sziklás kőzetben.<sup>475</sup> Azonos kiinduló adatokkal, hatféle módszerrel hajtottak végre robbanóanyag-számvetést és egy utászrajra kivetített munkaszervezést. Segédeszközként csak az akkori Néphadseregben meglévő eszközöket vehették figyelembe (kompresszor, BR–80 és 120 bontókalapács, PZV–fűró gépkocsi, kézi földfűró). A végső konklúzió már akkor az volt, hogy robbantással a feladat sikeresen végrehajtható, de vagy a felhasználandó robbanóanyag mennyisége óriási, vagy az előkészítésre fordítandó idő. Vagyis nem megfelelő az előkészítés gépesítése.

Azóta a helyzet romlott, mert ma már a korábbi talajfűró gépkocsink sincs,<sup>476</sup> de helyette sem került a rendszerbe más eszköz. Új honvédelmi alapelveink, védelmi koncepciónk, a béketeremtő/békefenntartó missziókban végzendő feladatok is mindenképpen az erődítési munkák növekedését jelentik. Ennek határidőre elvégzése viszont (különösen köves, sziklás talajban) robbantás nélkül reménytelen feladatnak tűnik. Különösen igaz ez akkor, amikor már védelemben is erővel és eszközökkel történő manőverező harctevékenységet folytatunk, ami egyben több állás, támpont előre berendezését követeli meg egy-egy alegység számára. A békefenntartó missziókban – elsősorban gyalogsági fegyverekkel támadás ellen – széleskörűen alkalmazott földfelszíni védelmi építmények (HESCO-bástya, homokzsák stb.) a tüzéségi eszközöket is felhasználó harctevékenységek során főleg csak célpontként lennének hasznosak.

5. A katonai robbantástechnika a földrobbantási munkák végzése során sokáig előnyben részesítette az alacsony hatóerejű robbanóanyagokat a közepes hatóerejűekkel szemben. Az 1950-es *Robbantási segédlet* például csak alacsony hatóerejű robbanóanyagra adott meg töltettáblázatokat úgy az egyes tölcsérek, mint harckocsiárok robbantására. Jelen pillanatban nincs is alacsony hatóerejű robbanóanyag rendszeresítve a Magyar Honvédségnél, ennek ellenére a kérdés vizsgálatára részletesen kitérünk az 5. fejezetben.

6. Már az 1903-as *Kézikönyv* arra hivatkozik, hogy a „kapcsolt lövésekkel” végrehajtható árokrobbantás Vogl-féle képletét [51] a polgári robbantási szakemberek nem szívesen használják, mert „a kelletnél nagyobb töltési mennyiségeket szolgáltat, minélfogva nagyobb rombolásokat is eredményez”. A honvédségi robbantások eredményorientáltak, a feltétlen sikerességet próbálják biztosítani. Ennek következtében eddig nem foglalkozott a katonai robbantástechnika a robbanás káros hatásaival, a környezetvédelmi kérdésekkel.

A NATO-tag Magyar Honvédség feladatai gyökeresen megváltoztak a korábbiakhoz képest. Ha szükségessé válna, hazánk védelmét saját területünkön kellene végrehajtani. Békeműveletekben sem mindegy, hogy milyen károkat okozunk tevékenységünkkel. És bár a *Mű/213. Utasítás* foglalkozik érintőlegesen a robbantás rezgési hatásaival is, feltétlenül fontos lenne a polgári robbantástechnika legújabb eredményeit is figyelembe venni az új földrobbantási szabályaink megalkotásakor (ezen a téren messze előttünk járnak).

Késleltetett villamos gyutacsok – a NONEL-gyújtórendszert kivéve – nincsenek és várhatóan nem is lesznek rendszeresítve a Magyar Honvédségben (bár alkalmazásuk nem igényel különleges szakértelmet, főleg ha a tipikusan jelentkező feladatokhoz – tüzelőállás, óvóhely alapödre és harckocsiárok-robbantás – egységcsomagokat állítanak össze). Ugyanakkor ma már léteznek olyan külső késleltetésű robbantógépek, melyek segítségével a meglévő pillanathatású villamos gyutacsaink felhasználásával is végrehajthatnánk (előre meghatározott technológiai előírás alapján) környezetkímélő földrobbantást. Az 5. fejezetben az ebben rejlő lehetőségek vizsgálatára is kitérünk.

<sup>475</sup> Hajdú G. – Dancs E. – Zsíros M.: *Tüzelőállások robbantása sziklás kőzetben*. (A Katonai Főiskolák 2. Tudományos Diákköri Konferenciáján 1984-ben, Szolnokon II. díjat nyert pályamunka. Konzulens: Lukács László.)

<sup>476</sup> 569/97/2003/TH. (HK 26.) HM határozat: A rendszeresítésre/kivonásra kerülő haditechnikai eszközök és hadfelszerelési anyagokról – kivonva a PBU–50 kűtfűró gépkocsi és a PZV talajfűró gépkocsi.



### 3. Hidak robbantása

A fejezet bevezetéseként hadd idézzek az 1986-ban megjelent *Hidak robbantásának tervezése, szervezése, a parancsnoki munka rendje*<sup>477</sup> című főiskolai tansegédletem bevezetőjéből: „A hidak még ma, a korszerű technika egyre fantasztikusabb vívmányainak korában is nélkülözhetetlen szerepet töltenek be életünkben. Város-, ország-, sőt földrészeket kötnek össze egymással, de emellett egy-egy város szimbólumai, díszei, büszkeségei... És mégis, ennek ellenére a hidak csak békében élhetnek biztonságban, akárcsak az ember. A háborúban »meghalnak«. Történelmi példák igazolják, hogy amióta az ember hidakat épít, háború esetén – visszavonuláskor – rombolja is ezeket.

Mindannyian tanultunk Horatius Coclesről, a római hősről, aki az i. e. VII. században egyedül védte a Tiberis cölöphídját a támadó etruszok ellen mindaddig, amíg társai el nem bontották mögötte a hidat. Aztán a vízbe vetve magát visszaúszott övéihez.

A szigetvári Zrínyi Miklós dédunokája, a *Szigeti veszedelem* és más egyéb költői művek szerzője komoly haditettként könyvelhette el 1664-ben az eszéki török hadihíd felgyújtását.

A robbanóanyagok térhódításával a hidak sorsa végképp megpecsételődött a háborúban. Az I. világháború során, a franciák (...) az Arras–Vannon arcvonalon 80 km szélességben és 15 km mélységben felrobbantottak 440 hidat... A németek visszavonulását (...) még ennél is nagyobb méretű rombolás kísérte. 1918. augusztus 18-a és november 11-e között 1500 hidat robbantottak fel...

Mi mégis tanulunk hídrobbantást, és háború esetén – ha a harcászati helyzet úgy követeli meg – alkalmazzunk is kell a békekiképzés időszakában elsajátítottakat. Mert az emberi élet mindennél fontosabb, és az ellenséggel folytatott küzdelem során nekünk, műszakiaknak többek között feladatunk harcoló egységeinknek, alegységeinknek tőlünk telhető leghatásosabb védelme. És ha ez egy híd felrobbantását követeli, akkor azt kell végrehajtani, mert egy új hidat – a győzelem kivívása után – lehet építeni. De az emberi életnél nincs nagyobb érték.<sup>478</sup>

A harminc évvel ezelőtti gondolatokat ma is igaznak, magaménak érzem. Idézését fontosnak tartottam, mert a hidak rombolását, annak szabályai oktatását, vizsgálatát akkor sem, ma sem tudom szimpla szakmai feladatnak tekinteni. Józan érvek alapján tudom a jelentőségét, fontosságát. Érzelmileg mégis teljesen másképp viszonyulok hozzá, mint bármely más robbantási feladathoz: kicsit büntudatom van, mert valahogy „gyilkosságnak” érzem az emberi elme e csodálatos szüleményeinek elpusztítását. És bár egy tudományos műnek nem lehet tárgya készítőjének lelki élete, a téma elemzése előtt mégis szükségesnek tartottam ezt elmondani.

A saját véleményem mellett egy, a *Magyar Katonai Szemlé*ben 1939-ben megjelent cikkből idézek, melyben – többek között – a hidak harc helyzetben történő rombolásának szükségességéről az alábbiakat írta a szerző: „Az ellenség mozgásának a gátlása ott, ahol élő erőt akarunk megtakarítani, elsődleges harcászati kívánalom, mely mögött háttérbe kell szorulni minden egyéb megfontolásnak. Ezekben az irányokban vagy területen – második szándékkal – épségben hagyott műtárgyak előbb-utóbb a saját repülő céljaivá válnak. De ha gyorsan be is következik a második szándék és a támadó hadműveletek jó időben meg is indulnak, nem tételezhető fel az ellenségről, hogy ezeket a műtárgyakat szintén sértetlenül fogja visszaengedni.”<sup>479</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>480</sup>

A hidak rombolásának tárgyalásakor értelemszerűen a fahidakkal kellene kezdeni a sort. Most ettől mégis eltekintünk, mivel jelentőségük ma már megkopott, és a végrehajtás viszonylag egyszerű volta teszi ezt igazán szükségessé.

A fém-, valamint a kő-, beton- és vasbeton hidak robbantási szabályain belül külön-külön tárgyaljuk robbantásuk általános elveit, és ezektől elválasztva (mivel mindkét híd típusnál megegyező a feladat) a pillérek rombolását.

<sup>477</sup> Lukács László: *Hidak robbantásának tervezése, szervezése, a parancsnoki munka rendje*. Tansegédlet. Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1986.

<sup>478</sup> *Uo.*, 1–2.

<sup>479</sup> Cserneký (Markovits) Árpád: A műszaki záróharc korszerű követelményei. *Magyar Katonai Szemle*, 1939/6. szám, 66–67.

<sup>480</sup> *Uo.*, 68.



### 3.1. Fémhidak robbantása

A *Vezérfonal* (1899) szerint „a vas- és kőhidak leggyakoribb elrombolási módja a robbantás. Rendszerint a hídmezőket robbantjuk fel, ritkábban pedig a pilléreket.”<sup>481</sup> A hidak rombolásakor a felrobbantandó hosszúnak legalább 20 m-nek vagy 2 keresztmetszetnek kellett lenni. A rombolási keresztmetszetben „valamely vashidat legalaposabban tartóinak vagy hevedereinek<sup>482</sup> robbantása által lehet megrongálni”. A töltetek tömegét a 2.2. alfejezetben bemutatott elveknek megfelelően kellett megválasztani, elhelyezésükkor „a hídon olyan pontok választandók, amelyek megrongálása elég hatásos és könnyen keresztülvihető”.<sup>483</sup> A vashidak rombolásához szükséges „munkás-, idő- és anyagszükségletet” egy táblázat foglalta össze.

50. táblázat

*Munkás-, idő- és anyagszükséglet közlekedővonalak megszakításánál és elromlásánál*<sup>484</sup>

Nevezetesen			Munkaerő	Munkaidő	Anyagszükséglet	Megjegyzés
Vasutak	a felépítmény elromolása	a felépítmény szétszedése és az alkotórészek leemelve	lovas utászszakasz	12–14 m. 25 perc alatt		
		a vágányzatok kilökése		12–14 m. 15 perc alatt		
	robbantás által	lovas utászszakasz állománya 27-ro fel-emelve		legalább 16 robbantószelencze		
Vashidak	Robbantás		Választó keresztmetszetként: 1 tisz, 4 alliszt, 16–20 utász; Egymunkálóhoz: 2 alliszt, 80–10 utász; Ügyvezetőkhöz: 1 tisz, 2–4 alliszt, 6–8 utász	6–8 óra	támaszköz-hosszméterenként 3 kg. ékrazit + 10%	Hacsak lehetséges, 2 választókeresztmetszet robbantandó; a megszakítás hossza legalább 90 m. legyen
Fémhidak	Robbantás		1–2 részleg, mindegyik: 1 alliszt és 6–8 utász	3–5 óra	a robbantandó keresztmetszet egy-egy hossz méterére 4–5–8 kg. ékrazit (a fa neve szerint) + 10%	

A *Kézikönyv* (1903) nem foglalkozik a fémszerkezetű hidak robbantásával abban a tekintetben, hogy nem ad tájékoztatást a különböző típusú hidak esetén a robbantási keresztmetszetekről. Ugyanakkor a *Vasszerkezetek robbantása* című alfejezet példáiban különböző hídszerkezetek („felső hídöv”, „húzott és nyomott rácsrudak”) robbantásának számvetéseit mutatja be.<sup>485</sup>

A *Műszaki oktatás* (1928) a hidak rombolásának általános elvei között leszögezi: „Hidaknak és völgyhidaknak teljes hosszát vagy azt a részét robbanthatjuk, melynek újraépítése a legnagyobb nehézségekbe ütközik. Ezt a részt rendszeren az akadály legmélyebb része fölött találjuk és rombolási hosszúnak (rombolási szakasznak) nevezzük. A rombolási hosszban mind a hídmezők, mind az aljzatok (pillérek) robbantására kell törekednünk.”<sup>486</sup>

Rombolásakor 60 m-nél rövidebb hidak esetében a teljes hosszt, 60 m-nél hosszabb hidak esetén pedig legalább 60 m-es szakaszt kellett rombolási hosszúnak tekinteni. Mai fogalmaink szerint rombolás alatt a teljes használhatatlanná tételt értették, míg a részleges használhatatlanná tételt megszakításnak nevezték,<sup>487</sup> melyeket fémhidak esetében csak vasúti vashidaknál tartottak elfogadhatónak.

<sup>481</sup> *Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához – fordítás.* Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899, 195.

<sup>482</sup> „Valamely főtartónak egyik támaszhelyétől a másikhoz áthúzó felső és alsó határolását hevedernek nevezzük.” *Uo.*, 197.

<sup>483</sup> *Uo.*, 198.

<sup>484</sup> *Uo.*, 11. sz. táblázat.

<sup>485</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve.* Pallas Rt., Budapest, 1903, 264–266.

<sup>486</sup> E.–34 (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 482–483. pontok, 304–305.

<sup>487</sup> „Rombolásnak nevezzük a műtárgyaknak, építményeknek teljes megsemmisítését vagy olyan mérvű hasznavehetlenné tevését, amikor helyreállításukra az ellenségnek legalább 4–5 nap szükséges. A megszakítással hasznavehetlenné tett műtárgyak, építmények helyreállítására az ellenségnek rövidebb idő (legfeljebb 1–2 nap) szükséges.” *Uo.*, 412–413. pontok, 281.

A vashidak rombolásának három módját különböztették meg:

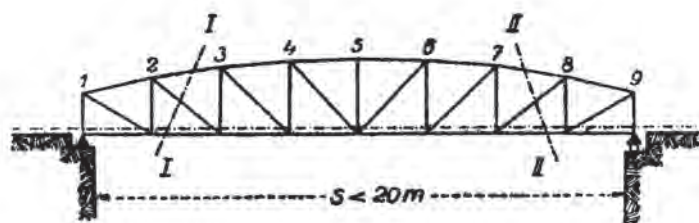
- csak a pillérek;
- csak a hídmezők és
- a pillérek és hídmezők együttes robbantását.

A *Műszaki oktatás* hangsúlyozza, hogy vashidak esetén a magas pillérek robbantása eredményezi a legnagyobb hatást, mert a lezuhanó pályaszerkezet annyira deformálódik, hogy újbóli felhasználása lehetetlen, továbbá az újraépítést is akadályozza. A robbantandó pillérek számát a rombolási hossz határozza meg, de egyrészes, többtámaszú hidak esetén mindenképpen robbantani rendelte azt a pillért, melyre a tartó vége fekszik. Ugyanakkor a pillérek ferde robbantását még nem ismerik, csak egy szinten, vízszintesen mutatja be a rombolás végrehajtását (bővebben lásd a 3.3. alfejezetben).

A hídmezők robbantását mint a leggyakrabban alkalmazott módszert mutatja be, melynél a rombolási szakaszt a legmélyebb akadályrész felett kellett kiválasztani. A robbantási keresztmetszetek helyét és számát a hídmező fesztávolságának és szerkezetének függvényében kellett megválasztani. Rácsos szerkezetek esetében például az alátámasztások közelében lévő, 2. és 4. csomópont közötti részt javasolja robbantási keresztmetszetként, melyben aztán a fő- és hossztartók (esetleg a szélrácsok) elrobbantását kell végrehajtani a vasrobbantás szabályai szerint.

A robbantási keresztmetszetek számának és helyének optimális megválasztása szempontjából az alábbi ajánlásokat teszi a *Műszaki oktatás*.

- a) 20 m-nél kisebb fesztávolságú hídmezők esetén: az alátámasztásuk közelében lévő két keresztmetszetben (116. ábra).

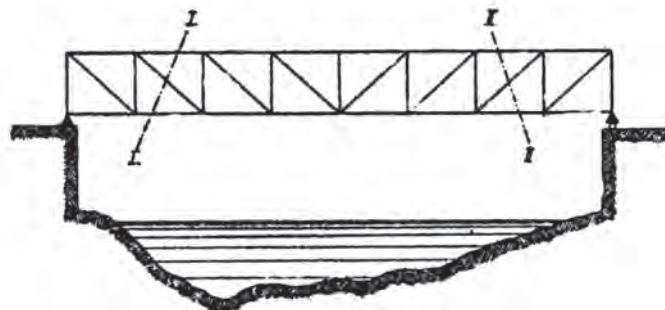


116. ábra

20 m-nél kisebb fesztávolságú fémhidak robbantása<sup>488</sup>

- b) 20 m-nél nagyobb fesztávolságú hídmezők robbantása a főtartó szerkezetének függvényében:

- egyrészes, kéttámaszú hídmező:
  - ha az akadály híd alsó élétől számított mélysége egyenlő a főtartó szerkezet nagyságával, az egyik főtartó és a pályaszerkezet hossztartóinak, a két alátámasztás közelében egy-egy keresztmetszetben való robbantása; kismélységű akadály esetén a hídmező két teljes keresztmetszetben való robbantása (117. ábra);
  - kevés idő vagy robbanóanyag esetén egy teljes keresztmetszet robbantása az álló saru közelében; nagy mélységű akadály esetén egy középső keresztmetszet rombolása (118. ábra);

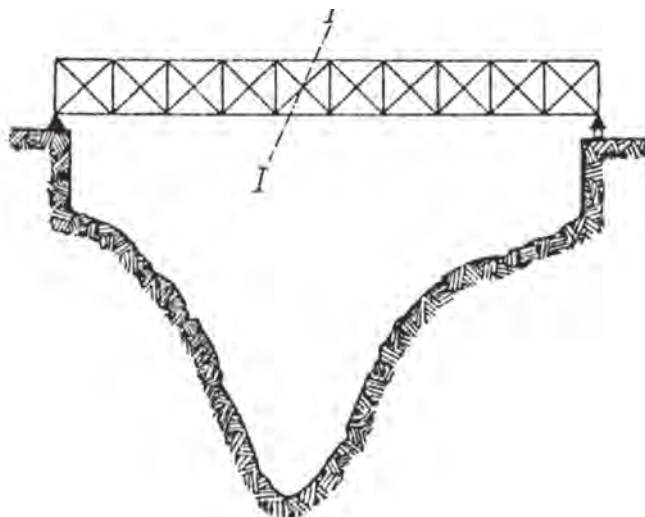


117. ábra

Egyrészes kéttámaszú, kismélységű akadály fölött átívelő hídmező rombolása<sup>489</sup>

<sup>488</sup> Uo., 199. sz. ábra, 315.

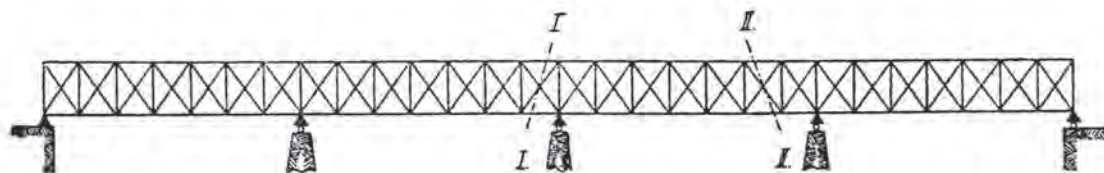
<sup>489</sup> Uo., 201. sz. ábra, 317.



118. ábra

*Egyrészes, kéttámaszú hídmező rombolása nagy mélységű akadály esetén<sup>490</sup>*

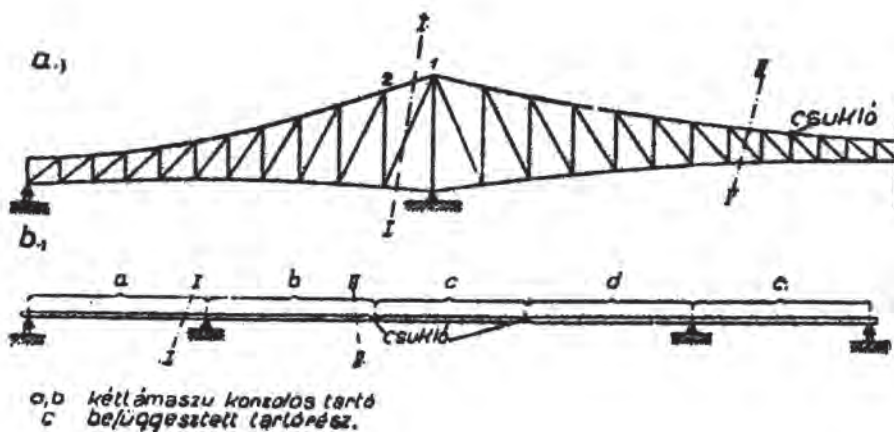
- egyrészes, töbttámaszú rácsos hídmező: két szomszédos hídmező egy-egy teljes keresztmetszetben, az egymással szemben álló pillérekhez közel (119. ábra);



119. ábra

*Egyrészes, töbttámaszú rácsos hídmező rombolása<sup>491</sup>*

- Gerber-hidak: egy teljes keresztmetszetben, a 120. ábrán látható 1. és 2. csomópont között (I–I); ha kevés a robbanóanyag, a konzolt teljes keresztmetszetben (II–II) vagy a csuklót;



120. ábra

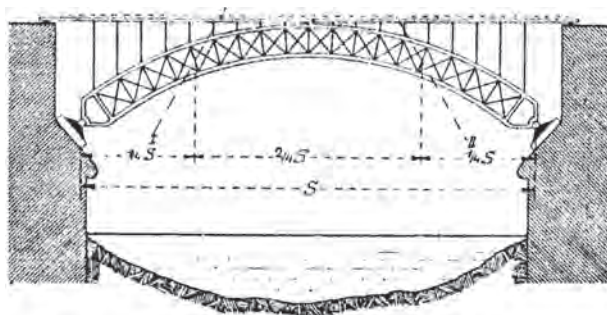
*Gerber-híd rombolása<sup>492</sup>*

- kétsuklós ívtartó: két keresztmetszetben, a pillérektől 1/4 ívköz távolságra (121. ábra);

<sup>490</sup> *Uo.*, 203. sz. ábra, 319.

<sup>491</sup> *Uo.*, 204. sz. ábra, 319.

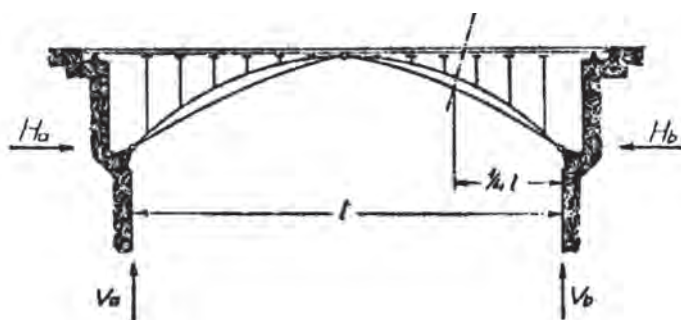
<sup>492</sup> *Uo.*, 206. sz. ábra, 320.



121. ábra

Kétsuklós ívtartó robbantása<sup>493</sup>

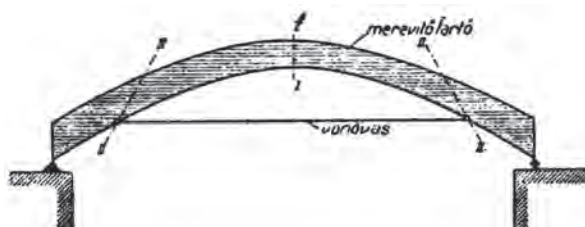
- háromsuklós ívtartó: az ívköz 1/4-ben megválasztott egy keresztmetszetben (122. ábra);



122. ábra

Háromsuklós ívtartó robbantása<sup>494</sup>

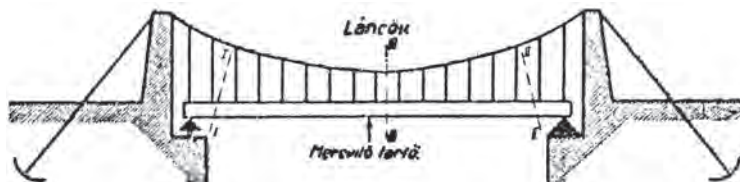
- vonóvasas ívhíd: a vonóvasat egy keresztmetszetben, plusz a merevítő tartót az egyrészes, kéttámaszú hidaknál tárgyaltaak szerint (123. ábra);



123. ábra

Vonóvasas ívhíd robbantása<sup>495</sup>

- lánchidak: a láncövet egy keresztmetszetben, plusz a merevítő főtartót a kéttámaszú hidaknál tárgyaltaak szerint (124. ábra).



124. ábra

Lánchíd robbantása<sup>496</sup><sup>493</sup> Uo., 207. sz. ábra, 320.<sup>494</sup> Uo., 208. sz. ábra, 321.<sup>495</sup> Uo., 209. sz. ábra, 321.<sup>496</sup> Uo., 210. sz. ábra, 321.

A hidmezők és pillérek együttes robbantásának végrehajtását abban az esetben ajánlja a *Műszaki oktatás*, ha a pillérek alacsonyok. Ez két- és többtámaszú tartókra egyaránt vonatkozik (125. ábra).

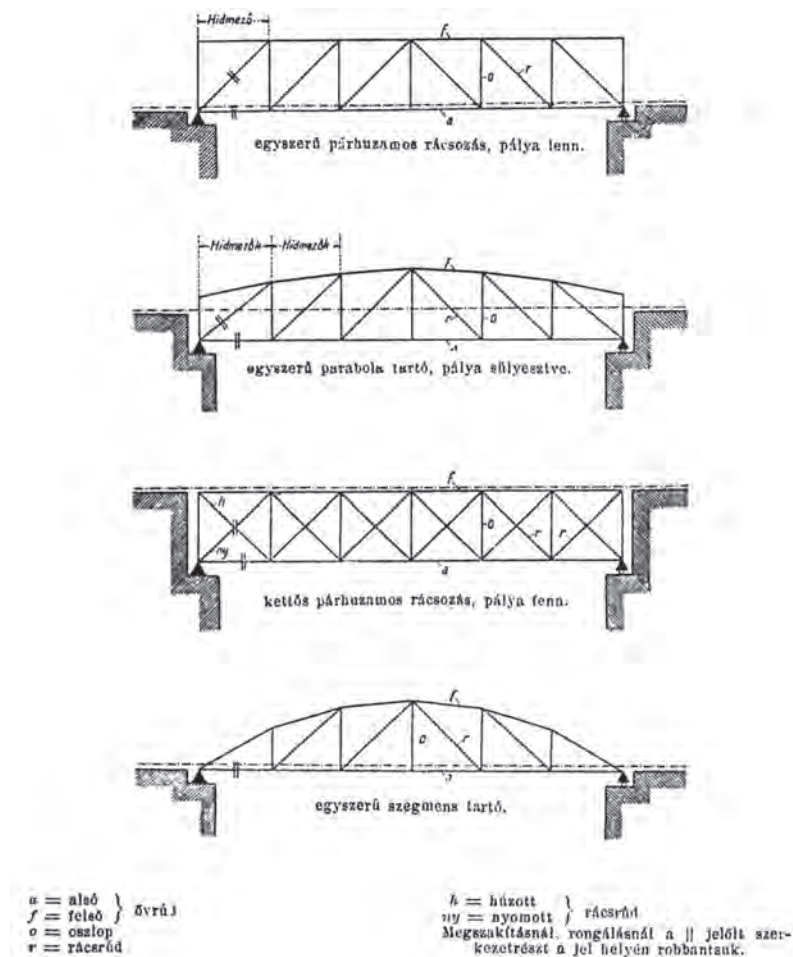


125. ábra

Fémhid rombolása a pillérek és a hidmezők együttes robbantásával<sup>497</sup>

A fémhidak robbantásának tervezését komplex tervminta segítette a mellékletek között<sup>498</sup> (lásd a 14. mellékletet).

A fémhidak „megszakítását” (részleges rombolását) csak vasúti hidak esetén tartja a *Műszaki oktatás* eredményre vezetőnek, azt is csak abban az esetben, ha a feszítávolság meghaladja a 20 m-t. Megszakításkor „a hatásos megrongálás céljából a főtartóknak ama fontos részeit robbantsuk, amelyek a híd önsúlya és az áthaladó vonatsúly alatt a főtartónak teljes beomlását vagy legalább ennek erős lehajlását idézik elő. A hatásos megrongálásra alkalmas fontosabb alkatrészek: a főtartó övei és rácsrúdjai.”<sup>499</sup> A megszakításoknál robbantandó szerkezeteket a főtartó típusának függvényében részletesen bemutatja a szabályzat. Ebből egy vázlatos áttekintés található az *Ábrafüzetben* (126–127. ábrák).



126. ábra

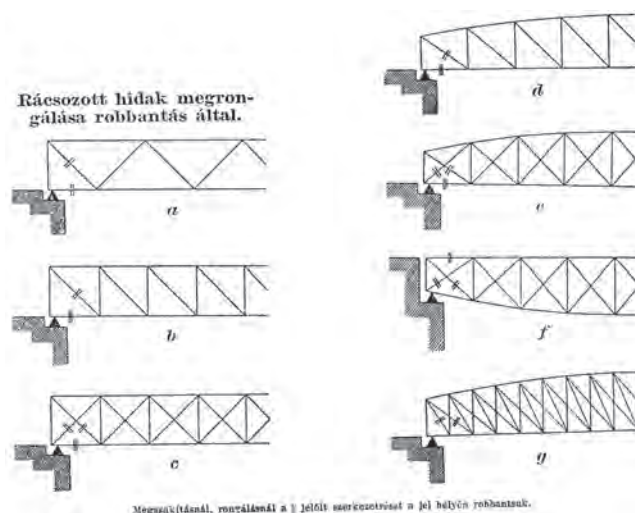
Rácsos vashidak és megrongálásuk (megszakításuk) robbantás által<sup>500</sup>

<sup>497</sup> *Uo.*, 211. sz. ábra, 322.

<sup>498</sup> *Uo.*, 6. e. melléklet.

<sup>499</sup> *Uo.*, 532. pont, 323.

<sup>500</sup> *E.-34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész. Ábrafüzet.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 282–284. pontok, 110–112.



127. ábra

Rácsos hídak megrongálása robbantás által<sup>501</sup>

A *Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára* (1926) csak a vashidak megszakítással való rongálásának lehetőségeit tárgyalja, melyen belül a *Műszaki oktatás* ábrái szerint mutatja be a rombolási (rongálási) keresztmetszeteket (lásd a 126. ábrát). Külön hangsúlyozza, hogy a vashidak rombolása a műszaki csapatok feladata, és még megszakítás esetén is (amennyiben nagyobb fesztávolságú „rácsos” hídról van szó) legalább árkász robbantó járőr segítségével van szüksége a nem műszaki alakulatoknak.

A *Haditechnikai alapismeretek I. kötete* (1929) a *Műszaki oktatás*ban foglaltak vázlatos összefoglalását adja a vashidak rombolásáról. A *III. kötetben* (1933) egy táblázatban mutatja be a „fa-, vas-, vasbeton- és boltozott hidak, valamint a pillérek robbantásának erő-, idő- és anyagszükségletét”.

<sup>501</sup> Uo.

51. táblázat

Műtárgyak robbantásának erő-, idő- és anyagszükséglete<sup>502</sup>

A rombolási munka megnevezése	a szükségelt		Szükséges robbantó szer és egyéb anyag	Megjegyzés	A robbolás helyreállításához szükséges munkatejesítmény	
	munkaerő	munkatejesítmény*)				
Fahidak	minden 25 fm.-re 1 raj	4	52	fm-ként 2 kg, 1 gyutacs, 6 m. durranó zsinór	elrombolandó az egész szerkezet aljzatokkal együtt	
vashidak	20 m. feszítávolságig	1 raj	4	52	fm-ként csak szerkezet robb. esetén 3 kg. ha hidfő+pillérek robb. 10 kg/fm	robbantható: a) főtartó és pályaszerkezet egy keresztmetszetben b) mint előbb + hidfők és pillérek
	20—50 m. feszítávolságig	3 raj	6	234	fm-ként: rácsos szerkezet 2-5kg.; lemezes szerk. 4 kg. + 1-5 gyutacs, 3 m durranó zsinór	robbantás 2 keresztmetszetben
	50 m.-nél nagyobb feszítávols.	3 raj	6	234	fm-ként 1-5 kg.; 0-6 gyutacs; 1-5 m. durranó zsinór	robbantás 1 keresztmetszetben
vasbetonhidak	bordáslemezes	15 fm.-re 1 raj	6	78	fm-ként 4 kg.; 1 gyutacs, 3 m durranó zsinór	pilléreket és a csatlakozó hidmezőket 1-1 keresztmetszetben robbantani
	ivhid	2 raj	6	156	fm-ként 2-5 kg.; 1 gyutacs, 3 m. durranó zsinór	robbantandó a boltív 2 keresztmetszetben
boltozott hidak	kis feszítáv	pillérenként 1/2 raj	6	36	pillérenként 100 kg. 10 gyutacs, 30 m. durranó zsinór	robbantandók az összes pillérek
	nagyobb feszítáv	1 raj	3	39	60 kg.; 10 gyutacs 30 m. durranó zsinór	robbantani 1 keresztmetszetben a záradékban
pillér robbantás	szabadon fektetett töltettel	1/2 raj	1	6	250 kg	—
	beeresztett töltettel	1/2 raj	4	28	100 kg	—
	zárt töltettel	1/2 raj	6	42	40 kg	—
	zárt aknával	1/2 raj	14	98	20 kg	—
	v gpillér	1/2 raj	—	—	10 kg/fm	beeresztett töltettel

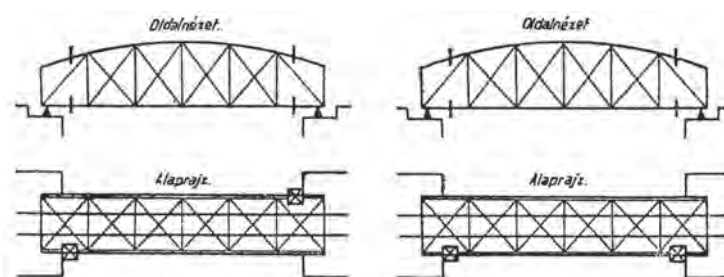
\*) = munkásóra.

Helyreállítás szükségidejével:  
50 m.-ig 1/2 u. szd. épít óránként 3—4 fm. hosszat  
500—200 m.-ig 1 u. szd. épít óránként 5 fm. hosszat

Az 1950-es *Robbantási segédlet* csak a vashidak „gyorsrobbantását és megrongálását” tárgyalja. A „gyorsított rombolást úgy végezzük, hogy a főtartók öveit négy, egyenként 25 kg-os összpontosított töltettel robbantjuk”.<sup>503</sup> A töltetek elhelyezése a 128. ábrán látható módokon történhetett. A rombolásra mindig a magasabb aljzatokon fekvő vagy a hajózóút felett lévő hosszabb hidmezőket kellett kiválasztani.

<sup>502</sup> Schmolli Endre: *Haditechnikai ismeretek III. kötet*. M. kir. bpesti honv. tisztii szabályzatismertető tanf., Budapest, 1933, Műszaki számvetési adatok, 62.

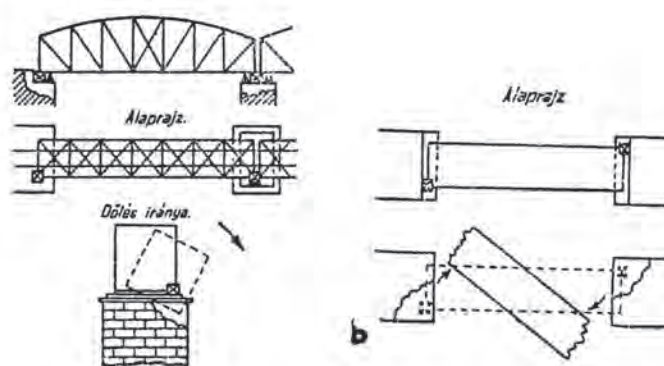
<sup>503</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950, 134.



128. ábra

*Keresztmetszetek megválasztása vashidak gyorsrobbantásánál<sup>504</sup>*

Másik módszerként említi a *Segédlet* a hídmezőnek a tengelyből való kitorítását, mikor a hídmező egyik oldalán lévő főtartó alsó övének két vége alá helyezett töltetekkel a pillér egy részét is rombolja (129/a ábra). Még eredményesebb lehet a robbantás abban az esetben, ha a két töltetet átlósan helyezük a főtartók alá, mert ezáltal a hídmező elcsavarodását is elérhetjük (129/b ábra).



129. ábra

*Töltetek elhelyezése a pillérek felett, vashíd gyorsrobbantásakor<sup>505</sup>*

a: egy főtartó két vége alatt; b: az ellentétes oldali főtartók végei alatt

Az alkalmazandó töltet tömegét a pillér feletti elhelyezésekor a hídmező hossza alapján határozták meg: a hosszúság minden méterére 1 kg közepes hatóerejű robbanóanyagot kellett számítani.

Az *Ideiglenes robbantási utasítás* (1950) a *Segédlet*ben foglaltaknál részletesebben tárgyalja a vashidak robbantását, de színvonalában még mindig nem éri el a *Műszaki oktatásban* foglaltakat. Ez meglepő, hiszen a II. világháború alatt a szovjet műszaki csapatok rengeteg hidrobbantást hajtottak végre, melyek tanulságainak feldolgozásából talán ennél többet is lehetett volna hasznosítani.

A vashidakat tartói alapján rácsos és tömör szerkezetűekre osztja fel. A hídmezők robbantására három módszert ajánl, nagyon szemléletesen be is mutatva egyben a várható hatást egyrészes, kéttámaszú hídmező esetén<sup>506</sup> („a” és „b” mindenhol a robbantási keresztmetszet).

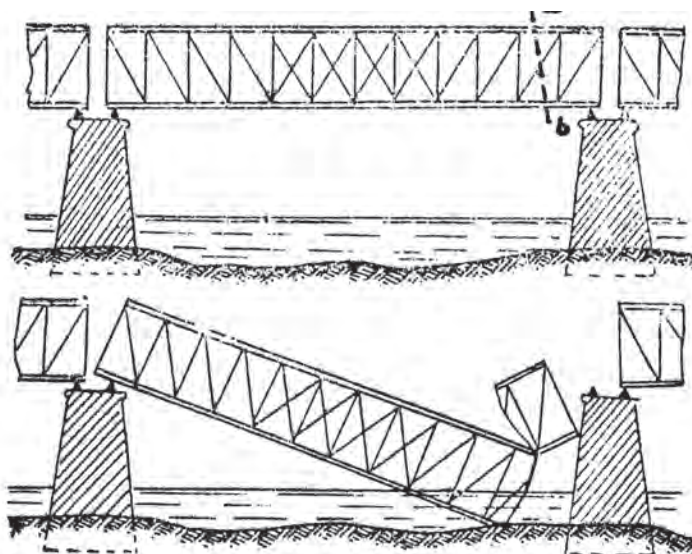
- Magas aljzatok esetén a hídmező átütése az egyik aljzat felett (130/a ábra):

<sup>504</sup> Uo., 110. sz. ábra, 134.

<sup>505</sup> Uo., 111. és 112. sz. ábrák, 135.

<sup>506</sup> E.-mű. I. *Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950, 90–92. számú ábrák, 167–168.

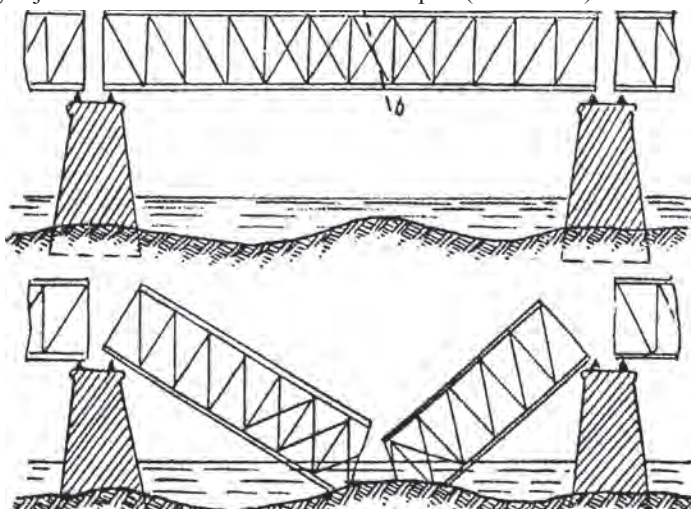




130/a ábra

*Robbantás a pillér melletti csomópontban<sup>507</sup>*

- Alacsony aljzat esetén a hídmező átütése közepén (130/b ábra):



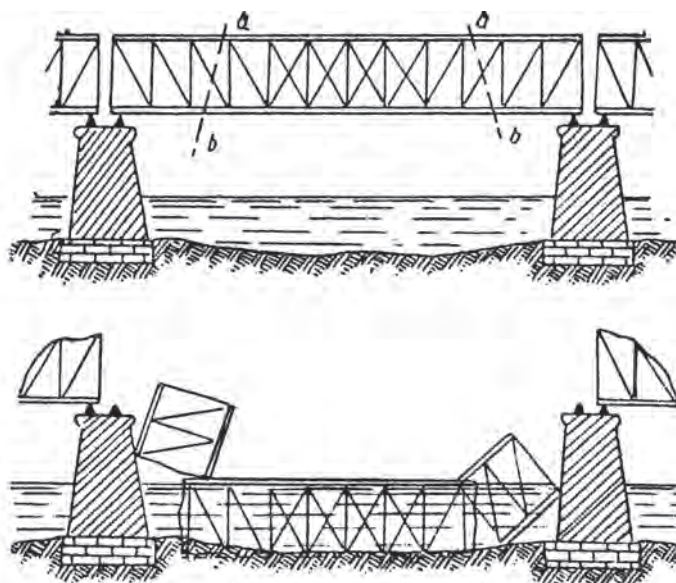
130/b ábra

*Robbantás a hídmező közepén<sup>508</sup>*

- A hídmező átütése mindkét aljzat közelében (130/c ábra):

<sup>507</sup> Uo.

<sup>508</sup> Uo.

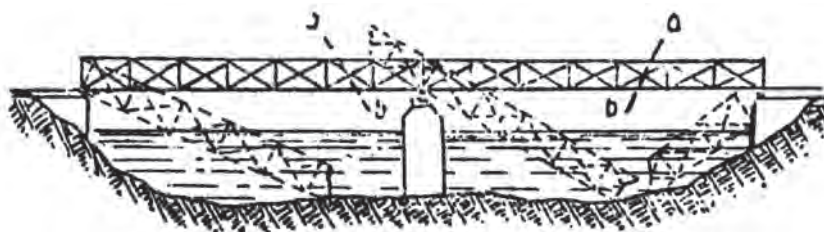


130/c ábra

Robbantás két keresztmetszetben, a pilléreknél<sup>509</sup>

Az *Ideiglenes utasítás* a leghatásosabb módszerként a harmadikat említi, míg az első kettőt az aljzatok egyidejű rombolása vagy idő és robbanóanyag hiánya esetén javasolja alkalmazni. A robbantandó keresztmetszeteket az aljzathoz viszonyítva, a hídmező hosszának 1/6–1/10 távolságára rendeli megválasztani (rácsos szerkezetű hidaknál a 2. és 3. csomópont között).<sup>510</sup> A töltetek a keresztmetszetben való elhelyezésében újdonság, hogy azt „ferdén befelé dülő” módon javasolja felszerelni, elkerülve ezáltal az elrobbantott részek végeinek egymásba akadását (ezzel meggátolva a hídmező lezuhanását). A két keresztmetszetben történő robbantáskor a töltetek elhelyezési vonalainak egymáshoz viszonyítva ellentétesnek kell lennie.

Egyrészes, többtámaszú híd esetén a robbantási keresztmetszeteket mindössze egy ábrán szemlélteti (131. ábra).



131. ábra

Egyrészes, többtámaszú, rácsos szerkezetű vashíd robbantása<sup>511</sup>

A fentiekén kívül az *Ideiglenes utasítás* a *Segédlet*ben közölt ismereteket tartalmazza a hidak gyorsrobbantásáról. Ezek után érdekes, hogy a pillérrobbantással foglalkozó részben kitér a pillérek ferde robbantására, melyek alkalmazásáról a híd robbantás fejezetben egy szót sem említett. Meglehetősen pontatlan a mellékletek között bemutatott híd robbantási terv minta is, melyből például nem derül ki a robbantási keresztmetszet pontos helye, de az sem, hogy a jelölt 8 tartalék töltetet hova szánja<sup>512</sup> (lásd a 15. mellékletben).

Minőségi változást jelen a fémhidak robbantásának megtervezésében a *Mű/2. Robbantási utasítás* 1965-ös megjelenése, melyben lefektetik azokat az elméleti alapelveket, melyeket a mai napig alkalmazunk. Mivel az ezt követő *Mű/213. Robbantási utasításban* (1971) csak minimális eltérés

<sup>509</sup> Uo.

<sup>510</sup> A *Műszaki oktatás* a 2. és 4. csomópont közötti elhelyezést ajánlotta.

<sup>511</sup> E.–mű. I. *Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950, 93. sz. ábra, 169.

<sup>512</sup> Uo., 4. sz. melléklet, 318–327.

tapasztalható ehhez képest, ezért a két utasítást együtt tárgyaljuk, elsősorban az eltérésekre hívva fel a figyelmet.

A hidak robbantásának alapelveiben megegyezik a két utasítás abban, hogy különbséget tesz teljes és részleges rombolás között.<sup>513</sup> Ugyancsak teljes az összhang abban a kitételben, hogy „hidak (...) teljes vagy részleges rombolásakor biztosítani kell az objektum (...) felrobbantandó elemeinek teljes mértékű megsemmisítését”.<sup>514</sup> A töltetek indításának meghatározásában sincs eltérés, amennyiben „kettőzött – fő és tartalék – villamos gyűjtőhálózatot kell alkalmazni, melyeket még durranó gyűjtőszinór hálózattal is biztosítani kell”.<sup>515</sup>

Csak a *Mű/213.* tárgyalja az általános előírásoknál a tartalék töltet előkészítésének szükségességét és kritériumait: „A töltet mennyisége minimálisan egy keresztmetszetben biztosítsa az adott objektum teljes rombolását.”<sup>516</sup> A *Mű/2.* a fémhidak rombolására vonatkozóan csak jóval később, a fejezet végén<sup>517</sup> említi meg a tartalék töltet alkalmazhatóságát, melynek tömegének megállapítására a fém szerkezeti elemek robbantásánál egyedül közöl képletet az összes utasítás és szabályzat közül [30].

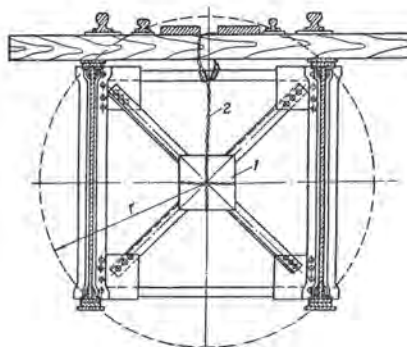
A különböző szerkezetű fémhidak robbantási keresztmetszetei (teljes rombolás esetén) meghatározásának megkönnyítése céljából egy folyamatábrát készítettem a hidarobbantási tervezési segédletben.<sup>518</sup> A részletes és hosszadalmas feldolgozás helyett ezért ennek alapján kívánjuk bemutatni a rombolási alapelveket, a főtartó szerkezetek és a feszítávolság függvényében (*16. melléklet*), és csak a két utasításban tapasztalható eltéréseket tárgyaljuk külön.

A *Mű/2.* a hidak feszítávolság szerinti kategorizálásakor 10–50 m között állapítja meg a második szintet (a 10 m-ig terjedő első szint mindkét helyen megegyező), míg a harmadikat 50 m felett. A *Mű/213.*-nál ez a váltószám 10–25 m és afelett. Ennek megfelelően a *Mű/2.*-ben az 50 m feszítávolságú, tömör falú főtartók közbehelyezett töltetekkel való robbantására határozzák meg a következő képletet:

$$C = 20 \times r^2 \quad [84]$$

C: a közepes hatóerejű töltet tömege kg-ban;

r: a töltet középpontjától a deformálódó elem középpontjáig terjedő távolság m-ben (132. ábra).



132. ábra

Tömör gerendatartós fém hídmező rombolása közbehelyezett töltettel<sup>519</sup>

1: töltet; 2: kötél-, lánc- vagy drótfelfüggesztés; r: rombolási sugár

A *Mű/213.* ugyanezt a képletet a 25 m feszítávolságú, tömör falú, felsőpályás hidak esetén közli, ugyanakkor kitér a hasonló feszítávú, rácsos tartós hidakra is, amennyiben esetükben a jelölt képlettel megállapított robbanóanyag-mennyiséget másfélszeresére rendeli növelni.

<sup>513</sup> „A hidak teljes rombolásakor valamennyi aljazatot és hídmezőt, részleges rombolásakor az aljazatok és a hídmezők egy részét, esetleg csak a hídmezőt, vagy csak az aljazatok egy részét romboljuk.” *Uo.*, 219. pont, 200., ill. 213. pont, 188.

<sup>514</sup> *Uo.*, 220. pont, 201., ill. 214. pont, 189.

<sup>515</sup> *Uo.*, 221. pont, 201., ill. 215. pont, 189.

<sup>516</sup> *Mű/213. Robbantási utasítás.* Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971, 217. pont, 190.

<sup>517</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás.* Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965, 255. pont, 231.

<sup>518</sup> Lukács László: *Hidak robbantásának tervezése, szervezése, a parancsnoki munka rendje.* Tansegédlet. Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1986, 68.

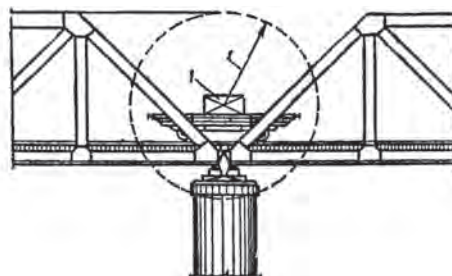
<sup>519</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás.* Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965, 157. sz. ábra, 226., ill. *Mű/213. Robbantási utasítás.* Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971, 130. sz. ábra, 205.

A *Mű/2.* itt meg is áll a közbehelyezett összpontosított töltetek tárgyalásával. A *Mű/213.* továbblép, és a 25 m-nél nagyobb fesztávolságú hidak esetén bevezeti az alábbi képletet:

$$C = 30 \times r^2 \quad [85]$$

C és r: a [84]-es képlet szerint.

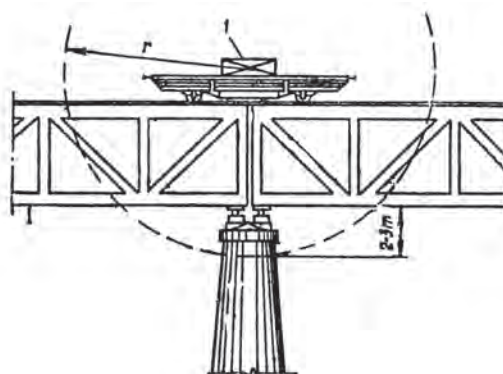
Az 'r' meghatározását két ábra is segíti (133. és 134. ábra).



133. ábra

*Alsópályás, rácsos főtartójú fémhíd robbantása közbehelyezett összpontosított töltettel*<sup>[520]</sup>

1: vasúti kocsira helyezett töltet; 2: rombolási sugár



134. ábra

*Felsőpályás, rácsos szerkezetű fémhíd robbantása közbehelyezett összpontosított töltettel*<sup>[521]</sup>

1 és r: a 133. ábra szerint

A nagy fesztávolságú hidak robbolásakor mindkét utasítás csomóponti töltetek alkalmazását javasolja, melyek tömege kétféleképpen is meghatározható:

- a vasrobbantásnál a [21]-es és [22]-es képletekkel számított összpontosított töltet (mely az idom-töltet kétszerese) tömegét 1,5-szeresére növelve, vagyis

$$C_{\text{csomóponti}} = 3 \times C_{\text{idom}} \quad [86]$$

- az alábbi képlettel:

$$C_{\text{csomóponti}} = 0,25 \times L + 10 \quad [87]$$

C: a csomóponti töltet tömege kg-ban;

L: a robbantandó hídmező hossza m-ben.

A két utasításban mintaként közölt fémhíd robbantási tervek a leírtakból következően egyedül a tartalék robbanóanyag meghatározásában térnek el egymástól, tekintve, hogy a *Mű/2.* a [30]-as, míg a *Mű/213.* a [85]-ös képlet szerint számol. Az 1965-ös *Utasítás* ennek megfelelően 3500 kg, míg az 1971-es 3000 kg tartalék töltetet kíván az adott híd egy keresztmetszetének robbantásához – szükség esetén – felhasználni. Valamennyi eltérés adódik a munkaszervezésben is, mert a *Mű/2.* szerint 105, míg a *Mű/213.* szerint 79 munkaóra szükséges a robbantáshoz való előkészületekhez. (A leírtak miatt csak a *Mű/213.*-ban foglalt robbantási tervet mutatjuk be a 17. mellékletben.)

<sup>520</sup> *Mű/213. Robbantási utasítás.* Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971, 133. sz. ábra, 208.

<sup>521</sup> *Uo.*, 134. sz. ábra

## 3.2. Kő-, beton- és vasbeton hidak robbantása

### 3.2.1. Kő- és betonhidak robbantása

A boltíves szerkezetű kőhidak robbantási szabályainak bemutatása nagyon egyszerű, mivel szinte semmilyen eltérés nincs a század elején és a ma alkalmazott módszerekben. Valamennyi szabályzat, utasítás megegyezik abban, hogy a boltíves szerkezetek alapvetően tönkretelhetők csak a pillérek rombolásával. Mivel viszont az esetek egy részében e pillérek alacsony volta lehetetlenné teszi a robbantás végrehajtását, így a boltívek rombolása is szükségessé válhat. Ennek végrehajtási módszere döntően a boltívek számának, illetve az előkészítéshez rendelkezésre álló időnek a függvénye.

Ha csak egy boltívet kell rombolnunk, az legtökéletesebben két, az ívnyílás 1/6-ában (lapos boltozatnál), illetve 1/12-ében (félköríves boltozatoknál) megválasztott keresztmetszetben hajtható végre.

Több ív egyidejű rombolásának szükségessége esetén a tölteteket a pillérek fölött kell beereszteni, a rombolási sugárral megegyező vagy azt kissé meghaladó mértékben.

Amennyiben a rendelkezésre álló idő kevés, úgy a rombolás végrehajtható a boltozat „záradéká”<sup>522</sup> felett elhelyezett nyújtott töltet robbantásával is.

A töltetek tömegét mindegyik vizsgált szabályzat, utasítás (az 1903-as *Kézikönyv*, az 1928-as *Műszaki oktatás*, az 1950-es *Ideiglenes utasítás* és az 1965-ös, illetve 1971-es *Robbantási utasítások*) az építési anyagok robbantásánál előírtak szerint rendeli kiszámítani. Ettől egyedül a *Kézikönyv* tér el, amennyiben a boltívek rombolásához alkalmazandó összpontosított és nyújtott töltetek meghatározásához két tapasztalati képletet ajánl.

- Összpontosított töltet:

$$T = 12 \times d^3, \quad [88]$$

- nyújtott töltet

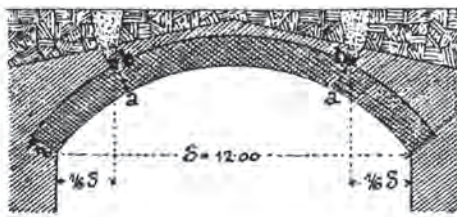
$$T = 6 \times d^2. \quad [89]$$

T: a dinamittöltet tömege kg-ban;

d: „a töltés alsó felületétől a bolthajtás hasáig számított sugárirányos távolság” m-ben.

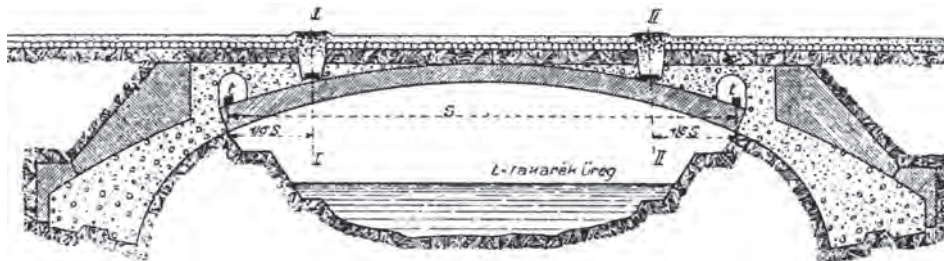
A leírtak igazolására a következő ábrákon bemutatom az 1903-as *Kézikönyv*, az 1928-as *Műszaki oktatás*, az 1950-es *Ideiglenes utasítás* és az 1965-ös, illetve 1971-es *Robbantási utasítások* vonatkozó ábráit.

Egy boltív robbantásának végrehajtása:



135. ábra

*Kézikönyv, 1903*<sup>523</sup>



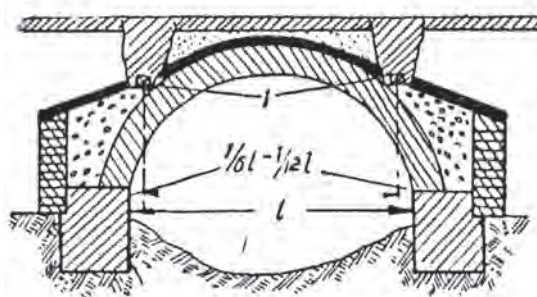
136. ábra

*Műszaki oktatás, 1928*<sup>524</sup>

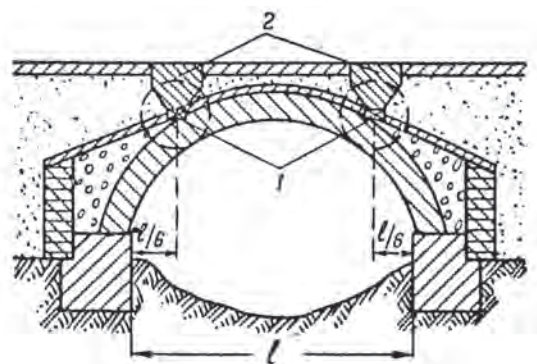
<sup>522</sup> A boltozat csúcspontja.

<sup>523</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 178. sz. ábra, 248.

<sup>524</sup> E.-34 (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 229. sz. ábra, 336.

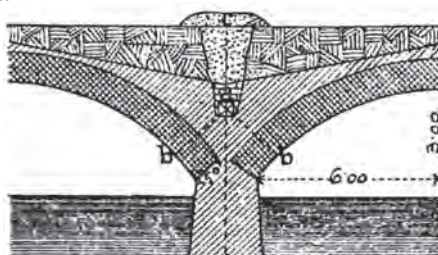


137. ábra  
Ideiglenes utasítás, 1950<sup>525</sup>

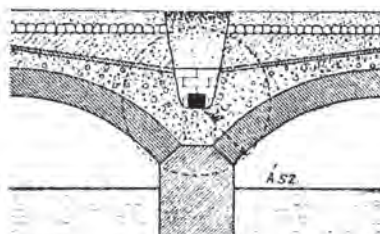


138. ábra  
Robbantási utasítás, 1965<sup>526</sup>

Több boltív egyidejű rombolása:



139. ábra  
Kézikönyv, 1903<sup>527</sup>



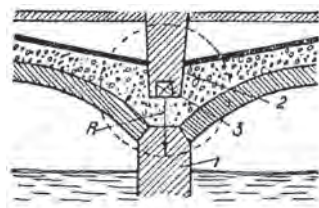
140. ábra  
Műszaki oktatás, 1928<sup>528</sup>

<sup>525</sup> E.-mű. I. Ideiglenes robbantási utasítás. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 116. sz. ábra, 195.

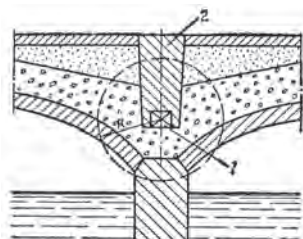
<sup>526</sup> Mű/2. Robbantási utasítás. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965, 182. sz. ábra, 253.

<sup>527</sup> Schaffer Antal: A gyakorlati robbantó technika kézikönyve. Pallas Rt., Budapest, 1903, 180. sz. ábra, 249.

<sup>528</sup> E.-34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 165. sz. ábra, 265.

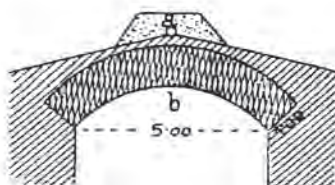


141. ábra  
*Ideiglenes utasítás, 1950*<sup>529</sup>

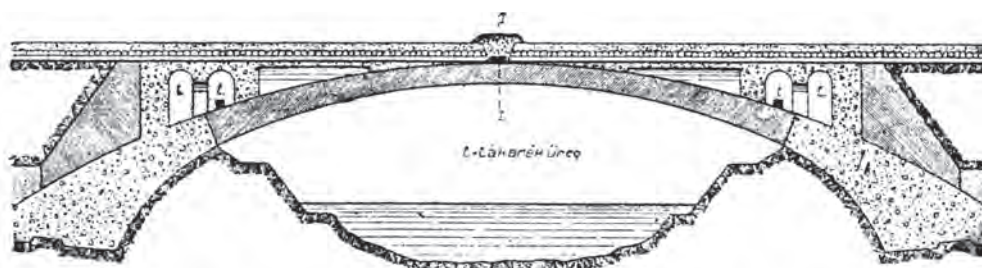


142. ábra  
*Robbantási utasítás, 1965*<sup>530</sup>

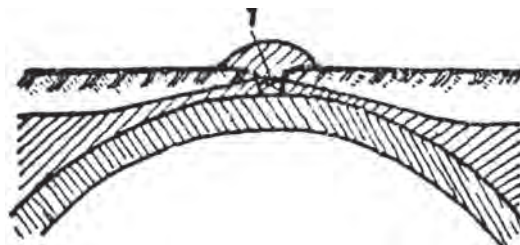
Boltívek gyorsrobbantása:



143. ábra  
*Kézikönyv, 1903*<sup>531</sup>



144. ábra  
*Műszaki oktatás, 1928*<sup>532</sup>



145. ábra  
*Ideiglenes utasítás, 1950*<sup>533</sup>

<sup>529</sup> E.-mű. I. *Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 117. sz. ábra, 195.

<sup>530</sup> Mű/2. *Robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965, 181. sz. ábra, 253.

<sup>531</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 177/b. sz. ábra, 248.

<sup>532</sup> E.-34 (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 231. sz. ábra, 337.

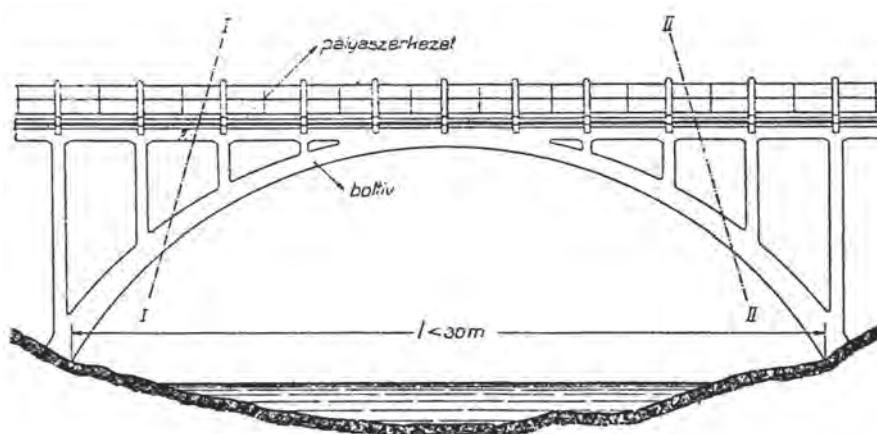
<sup>533</sup> E.-mű. I. *Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 118. sz. ábra, 195.

### 3.2.2. Vasbeton hidak rombolása

A vasbeton hidak robbantására vonatkozó szabályok először az 1928-as *Műszaki oktatás*ban jelennek meg. Ez a hidak felosztásánál csak az ívhidakat és a bordáslemez hidakat tárgyalja. Az ívhidak rombolására három módszert ajánl, úgymint:

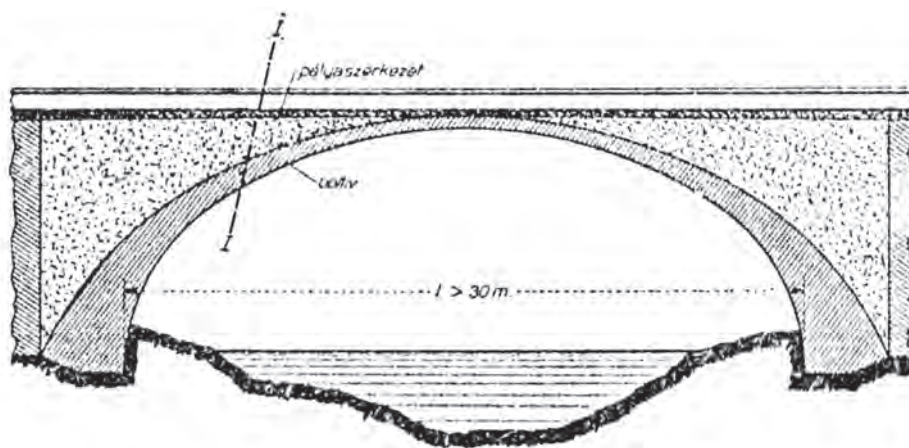
- a pillérek robbantását,
- a boltívek robbantását,
- a pillérek és a boltívek együttes robbantását (főleg abban az esetben, ha a pillérek nagyon alacsonyak).

A legcélravezetőbbnek a boltívek és a pályaszerkezet együttes átütését tartja, mégpedig 30 m-es fesztávolságig két keresztmetszetben (146. ábra), afelett pedig egyben (147. ábra).



146. ábra

Vasbeton ívhíd robbantása 30 m-nél kisebb fesztávolság esetén<sup>534</sup>



147. ábra

Vasbeton ívhíd robbantása 30 m-nél nagyobb fesztávolság esetén<sup>535</sup>

A bordáslemez vasbeton hidak rombolására két módszert ajánl:

- a pillérek és a hídmezők együttes robbantását (ez utóbbiakat középen, egy keresztmetszetben);
- csak a hídmező robbantását (ha a pillér robbantására valamilyen okból kifolyólag nem kerülhet sor).

A *Haditechnikai ismeretek III. kötete* (1933) a 3.1. alfejezetben már említett táblázatot (51. táblázat) közli a műtárgyak robbantásának erő-, idő- és anyagszükségletéről.

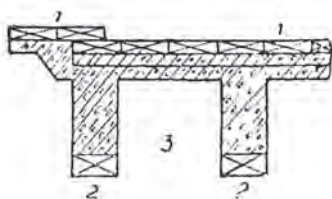
<sup>534</sup> E.-34 *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára*, 2. Füzet – *Robbantások. I. rész*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 234. sz. ábra, 340.

<sup>535</sup> *Uo.*, 233. sz. ábra, 339.



A *Robbantási segédlet* (1950) egyáltalán nem foglalkozik ezzel a kérdéssel. Az ugyanebben az évben megjelent *Ideiglenes robbantási utasítás* viszont külön fejezetet szentel a témának. Ennek ellenére eléggé elnagyoltnak tűnik a vasbeton hidak robbantási szabályainak kifejtése, melyek közül ezért csak néhány – újnak tekinthető – alapelvet mutatunk be:

- az egyrészes, többtámaszú hídmezők szimmetrikus robbantását el kell kerülni, mert azok esetleg nem zuhannak le;
- a robbantási keresztmetszetek kiválasztásánál figyelemmel kell lenni az esetleges csuklókra;
- a pilléreket ferdén kell robbantani abban az irányban, amerre a hidat dönteni akarjuk;
- amennyiben a robbantási keresztmetszetben nem tudjuk a tartó vasalását átütni, úgy legalább 1,5 R (rombolási sugár) szélességben kell kiütni a betont;
- keretes szerkezetű hidak (az *Ideiglenes utasítás* páros II alakról beszél) aljzatának rombolásakor a dőlési irányban lévő lábakat alul és felül egy-egy, a dőléssel ellentétes oldalon pedig középen egy töltettel kell robbantani;
- a bordáslemezek pályaszerkezeteit nyújtott töltettel, míg a bordákat azok alsó részére (a vasaláshoz legközelebb) elhelyezett összpontosított töltettel kell robbantani (148. ábra).



148. ábra

*Bordáslemez híd robbantása*<sup>536</sup>

1: nyújtott töltet a lemez robbantására; 2: töltetek a bordák átütésére; 3: vasalás

A kiadásakor titkos minősítésű, *Robbantások* című könyv (1953) – talán érezve az *Ideiglenes utasítás* vonatkozó részeinek elnagyoltságát – megpróbálja összefoglalni a vasbeton hidak robbantásának sajátosságait. Ezen belül nagyon hasznos tanácsokat ad a tartókban lévő vasalás várható elrendezéséről, de a hidak különböző típusai robbantási szabályainak bemutatásával ugyanúgy adós marad. Ez igaz akkor is, ha ismerteti két – a német autóutakon alkalmazott – jellegzetes hídtípus robbantásának végrehajtási módszereit.

Az igazi áttörést a vasbeton hidak rombolási módjainak bemutatásában ugyanúgy a *Mű/2. Robbantási utasítás* (1965) jelentette, mint a fémhidak esetében. Ezt támasztja alá az a tény is, hogy az 1971-es *Mű/213. Robbantási utasítás* tulajdonképpen lényegi változtatás nélkül vette át a benne foglaltakat.

Akárcsak a fémhidak esetében, a vasbeton hidaknál is a *Híd robbantás tervezési segédlet*be<sup>537</sup> készített folyamatábrám segítségével kívánom összefoglalni a különböző főtartó szerkezetekkel rendelkező építmények robbantási szabályait (18. melléklet). Ezenkívül a két utasítás közötti eltéréseket mutatom be a továbbiakban.

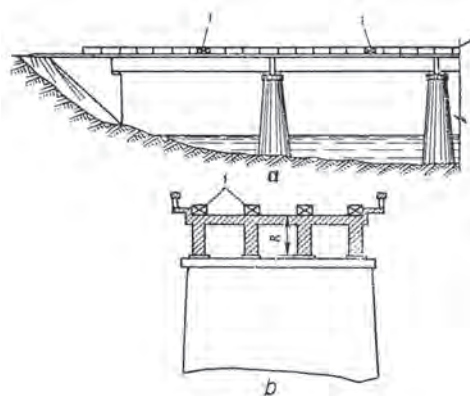
A *Mű/213.* a kéttámaszú, gerendatartós vasbeton hidak rombolásakor (amennyiben az előkészítéshez rendelkezésre álló idő kevés) felveti annak lehetőségét, hogy a fesztáv közepén, felülről, a pályaszerkezeten elhelyezett összpontosított töltetekkel is végrehajtható a feladat (149. ábra). Ez azért érdemelhet külön figyelmet, mert az *Ideiglenes utasítás* – pont a vasalás zömének a tartó alján való elhelyezkedése miatt – a töltet oldalról felhelyezését is elvetette (148. ábra).

A *Mű/2.* még igen, a *Mű/213.* viszont már nem tárgyalja a fűrt lyukas robbantási módszert vasbeton hidak rombolására (bár a fűrt lyukas tégl-, kő-, beton- és vasbeton szerkezetek robbantását mint alapot mindkét utasítás egyformán tartalmazza). A lyukak mérete és elhelyezése a 150. ábrán látható.

A *Mű/213.* megemlíti a tartók és a keretes szerkezetek oszlopainak robbantására a kumulatív nyújtott töltetek alkalmazásának lehetőségét, amennyiben az átütendő vastagság nem haladja meg az egy métert.

<sup>536</sup> E.–mű. I. *Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950, 130. sz. ábra, 202.

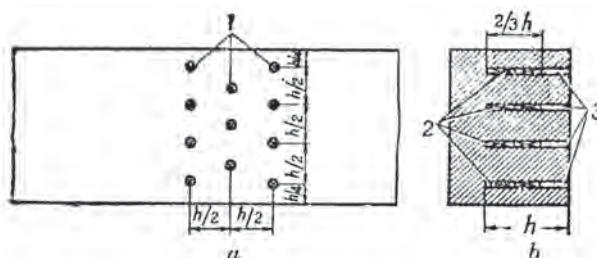
<sup>537</sup> Lukács László: *Hidak robbantásának tervezése, szervezése, a parancsnoki munka rendje*. Tansegédlet. Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1986, 124.



149. ábra

Gerendatartós vasbeton híd hídmezőinek robbantása a pályaszerkezeten elhelyezett töltetekkel<sup>538</sup>

a: oldalnézet; b: keresztmetszet; 1: töltetek



150. ábra

A fűrt lyukas töltetek elhelyezése a vasbeton tartóban (ívben)<sup>539</sup>

a: oldalnézet; b: keresztmetszet; 1: fűrt lyukak; 2: töltetek; 3: fojtás

### 3.3. Hidak pilléreinek robbantása

A *Kézikönyv* (1903) szerint a hidak pilléreinek robbantása a falvastagság és a rendelkezésre álló robbanóanyag-mennyiség függvényében „nyújtott töltésekkel, vagy kamraakkal”<sup>540</sup> történhet. Ezen belül nyújtott töltetek alkalmazását csak 1,2–2,2 m pillérvastagságig javasolta.

A töltetek elhelyezéséről két fontos kitétel tette:

- A pilléren úgy kellett a robbantási keresztmetszetet megválasztani, hogy „a vízszint vagy egyéb akadály fölé a tölcérsugár méreténél magasabbra ne jussanak”<sup>541</sup>.
- Az összpontosított töltetek egymástól való távolsága terméskő és téglá esetén az ellenállási vonal (egyben a rombolási sugár) kétszeresét, beton és „kváder-kőnél”<sup>542</sup> pedig másfélszeresét ne haladja meg; az első töltet távolsága a pillér szélétől ennek az értéknek a fele lehetett.

A közbeeső pilléreket fészekben<sup>543</sup> (2 m vastagságig), illetve a falvastagság 1/3-ában (3 m vastagságig) vagy felében elhelyezett (tetszőleges vastagság esetén) töltetekkel javasolta rombolni (151. ábra).

<sup>538</sup> *Mű/213. Robbantási utasítás.* Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971, 147. sz. ábra, 223.

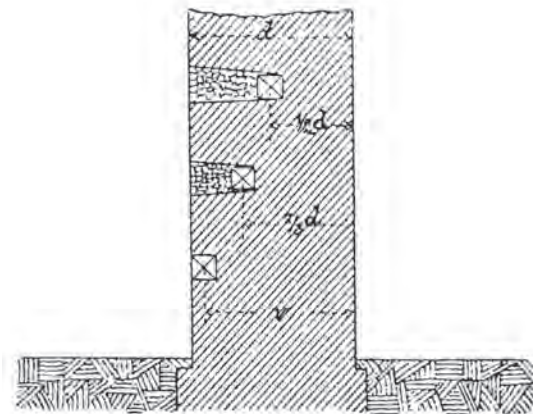
<sup>539</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás.* Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965, 179. sz. ábra, 251.

<sup>540</sup> Nyújtott és összpontosított töltet.

<sup>541</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve.* Pallas Rt., Budapest, 1903, 243.

<sup>542</sup> Kváderkő: a hídfők, hídpillérek tetején levő kő (vagy vasbeton), amelyen a hídszerkezet nyugszik; gondosan faragott és pontosan illeszthető négyszögű kő. (Bakos F.: *Idegen szavak és kifejezések szótára.* Akadémiai Kiadó, Budapest, 1983, 478.)

<sup>543</sup> A *Kézikönyv* a „pillér falsíkjáig érő töltetnek” nevezi.



151. ábra

Hídpillérek robbantása központosított töltésekkel<sup>544</sup>

A töltetek tömegének meghatározására a „közös hadügyi kormány a megejtett pillérrobbantások alapján” az alábbi képleteket állapította meg:

- Fészekben elhelyezett tölteteknél:  $T = 15 \times d^3$  [90]
- A pillér vastagságának 1/3-ába helyezett tölteteknél:  $T = 4,5 \times d^3$  [91]
- A vastagság felében elhelyezett tölteteknél:  $T = 1,5 \times d^3$  [92]

T: a töltet (ekrazit) tömege kg-ban;

d: a pillér vastagsága m-ben.

A parti pilléreket a *Kézikönyv* csak belső töltetekkel javasolja robbantani. A töltetek elsősorban a fal mögé, ha ez nem lehetséges, akkor előlről, a falvastagság feléig befűrt aknakamrákba helyezendők. A töltetmenyiséget ebben az esetben a [39]-es Vogl-képlettel javasolja meghatározni.

Már a *Kézikönyv* utal arra, hogy a hidak építése során a közbeeső pillérek rombolására szolgáló aknakamrákat el kell készíteni. A korabeli szabályozás szerint ebből a célból 40-45 cm átmérőjű vascsöveket falaztak be a pillérekbe úgy, hogy ezek hossza a „kis vízszint magasságától a pillér felszínéig” terjedjen, egymástól való távolságuk pedig a már ismertetett töltettávolságnak feleljen meg. Példaként említi, hogy egy pozsonyi hídpillérben (szélessége 4,7 m) 5 darab 21,05 m hosszú, az esztergomi Duna-híd pillérében (3,7 m széles) 3 darab 10,25 m hosszú, a budapesti Ferenc József-híd<sup>545</sup> közbeeső pillérében pedig (6,0 m széles) 4 darab 27,08 m hosszú aknacsó található. Ugyanakkor „parti pilléreket nem szokás ily aknákkal felszerelni, mert ezeknél a vasszerkezeten egy rácsrúd irányában fektetett síkban, közel az alátámasztáshoz alkalmaznak megfelelő robbantó töltéseket”<sup>546</sup>.

A *Műszaki oktatás* (1928) abban az esetben javasolja a közbeeső pillérek robbantását végrehajtani, ha azok a „rombolási szakaszba” esnek, továbbá ha „már békében falazott aknakamrákkal épültek”, illetve ha „könnyen hozzáférhetőek, magasak, elég a robbanóanyagunk és a felszereléshez elegendő az időnk”<sup>547</sup>. A közbeeső pillérek „szabadon felfektetett, továbbá részben vagy egészben beeresztett nyújtott töltettel”, illetve „szabadon fekvő, továbbá részben vagy egészben beeresztett, vagy zárt összpontosított töltettel” robbanthatók. A belső összpontosított tölteteket legalább a pillér vastagságának 1/3-ára rendelte behelyezni.

A nyújtott töltetek tömegét a [41]-es, míg az összpontosítottét a [40]-es képlet alapján kellett meghatározni, minden korrekció nélkül.

A parti pillérek<sup>548</sup> robbantására három módszert javasol:

- a pillér mögé helyezett nyújtott töltetet;

<sup>544</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 172. sz. ábra, 244.

<sup>545</sup> Ma: Szabadság híd.

<sup>546</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 244.

<sup>547</sup> E.-34 (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 554. pont, 330.

<sup>548</sup> A *Műszaki oktatás* végpillérnek (hídfőnek) nevezi.

- a pillér mögé helyezett összpontosított töltetet;
- a pillérbe előlről befűrt aknakamrába helyezett összpontosított töltetet.

A pillér mögé helyezett töltetek esetében az árok, illetve az aknakút mélységének a „hatássugár” (a pillér vastagsága) 1,5-szeresének kellett lennie. Az előlről befűrt tölteteket elsősorban akkor javasolta alkalmazni, ha a hídon a forgalmat biztosítani kellett az előkészítés ideje alatt is, illetve ha a pillér vastagsága nem haladta meg az 1 métert. Vastagabb pillérek esetén az aknakamrát a pillér közepéig rendelte befűrni. Ugyanakkor itt sem jelez semmilyen eltérést a robbanóanyag-számításban a normál falak rombolásához képest.

Az *Ideiglenes robbantási utasításban* (1950) is külön tárgyalják a közbeeső és a parti pillérek robbantásának szabályait. A közbeeső pillérek robbanthatók szabadon felfektetett vagy barázdában elhelyezett nyújtott töltetekkel (max. 2,0 m-es vastagságig), valamint szabadon felfektetett, illetve fészekben és aknakamrában (a vastagság 1/3 vagy 1/2 részéig beengedve) lévő összpontosított töltetekkel. A szabadon felfektetett tölteteket a vízszint felett 0,5–1,0 m, míg a belsőt 0,4 m magasságban rendelte elhelyezni. A töltetek tömegét a [42]-es és [43]-as képletek szerint kellett meghatározni úgy, hogy a számított mennyiséget 30 %-kal növelni kellett.

A parti pillérek robbantására az *Ideiglenes utasítás* két módszert mutat be:

- a pillér mögé „vajt” aknakutakba helyezett összpontosított töltetek alkalmazását, ahol a töltetet a pillér vastagságát meghaladó mélységre kellett elhelyezni;
- előlről, a pillér teljes, de legalább 2/3 vastagságára befűrt aknakamrába helyezett összpontosított töltetekkel való rombolást; rombolási sugárként (R) a pillér teljes vastagságát kellett számítani mind a teljes vastagságra, mind pedig annak 2/3-ára való behelyezés esetén, a töltetek egymástól való távolságaként pedig 1,5 R értéket kellett venni (értelemszerűen az első töltet távolsága a pillér szélétől 0,75 R).

Megjelenik a pillérek ferde robbantásának módszere is, bár még meglehetősen pontatlanul. Egy töltet esetén azt a híd tengelyétől „balra” kellett elhelyezni, míg „ha csak néhány töltet van, úgy ezeket különböző magasságokban”.<sup>549</sup>

Kitér az *Ideiglenes utasítás* is a pillérekbe előre beépített aknakamrák, aknacsövek felhasználásának lehetőségére, egyben be is mutatva néhány típusukat. A betöltött pillérek visszaszerelésének biztosítása érdekében itt találkozunk először a ma is ismert, 1 m hosszúságú, egymással összekötött gömbfákkal való fojtással. Amennyiben nincs idő a pillérek robbantását szolgáló fojtására, úgy a számított robbanóanyag mennyiségét további 25%-kal rendelte növelni az utasítás.

A ma is ismert és elfogadott pillérrobbantási szabályaink az 1965-ös *Mű/2. Robbantási utasításban* jelentek meg először. Az 1971-es *Mű/213. Robbantási utasítás* itt is csak kisebb kiegészítéseket tartalmaz ezekhez képest, melyek közül a legjelentősebb a hídpillérek felső részének lemetszésével való ferde robbantás.

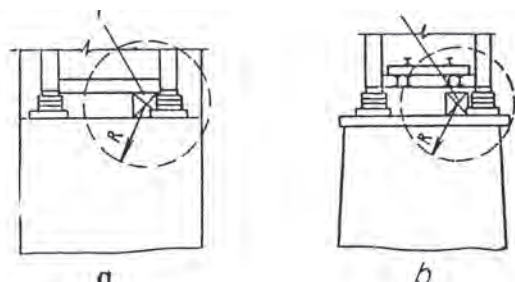
A legfontosabb – mindkét utasításban foglalt – alapelvek a pillérek robbantásánál a következők:

- a tömör közbeeső pillérek szabadon felfektetett vagy fészekben, barázdában, illetve a pillér vastagságának 1/2-ben vagy 1/3-ában elhelyezett összpontosított vagy nyújtott töltetekkel rombolhatók;
- a parti pillérek rombolása csak belső töltetekkel hajtható végre, melyeket vagy a pillér háta mögé, a vastagság 1,5-szeres (a *Mű/2.* szerint 1/2–2-szeres) mélységére, vagy előlről, a vastagság 2/3-ra befűrt aknakamrákba helyezünk el; a számított rombolási sugár mindkét esetben a pillér vastagsága;
- a vízben lévő pillérek esetén az aknakamrák, fészkek és barázdák a vízszint fölött 0,5–1,0 m-re helyezendők el;
- a töltetek egymástól való távolsága (vízszintes vagy ferde robbantáskor egyaránt) maximum a rombolási sugár (R) kétszerese, míg az első töltet távolsága a pillér szélétől ennek az értéknek a fele;
- a hídpillérek ferde robbantásakor a töltetek az aljzat magasságának függvényében legalább 45°-os szögben helyezendők el úgy, hogy a robbanást követően a pillér egyik vége épen maradjon;
- keskeny pillérek esetén (a pillér szélessége kisebb, mint vastagságának 2,5-szerese) a ferde robbantás egy – a pillér szélességének 1/4-ére elhelyezett – töltettel hajtható végre, melynek tömegét a számított rombolási sugár 20%-kal megnövelt értéke szerint kell meghatározni; ha a pillér magassága a jelzett feltételeken kívül még a 15 m-t is meghaladja, úgy a meghatározott keresztmetszetben 2 töltetet kell egymás fölött elhelyezni, egymástól 2R távolságra;
- tömör pillérek robbantásakor a töltet(ek) tömegét a [42]-es és [43]-as képletek szerint, azt 30%-kal megnövelve kell meghatározni.

<sup>549</sup> E.–mű. I. *Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950, 168. pont, 194.

A Mű/213. a fentiekhez képest az alábbi változásokat tartalmazza:

- pillérek nyújtott töltettel való robbantását csak abban az esetben engedélyezi, ha szélességük meghaladja vastagságuk kétszeresét;
- kumulatív nyújtott tölteteket max. 1,2 m pillér vastagságig javasol alkalmazni;
- bevezeti a pillérek ferde keresztmetszetben történő gyorsrobbantását, melyet a pillér egyik oldali felső részének lemetszésével hajt végre (152. ábra); a töltet tömegét a [44]-es képlet szerint kell meghatározni, de az A és B tényező megváltoztatott értékei mellett; A értékei: 10 m-es fesztávig, betonnál 1,5, efelett, a sarulemezek megerősített vasalása esetén 2,5; B értékei: parti pillérnél 5,0; közbeeső pillérnél 9,0.



152. ábra

*Hídpillér felső részének rombolása a hídszerkezet talplemezének felrobbantásával<sup>550</sup>*

a: töltet elhelyezése parti pilléren; b: töltet elhelyezése közbeeső pilléren; L: töltet; R: a rombolási sugár

Mindkét utasítás azonos módon tér ki a hidak pilléreiben található, előre elkészített aknakamrák és -csövek típusaira és alkalmazásuk lehetőségeire.

### 3.4. Részkövetkeztetések

A fém-, illetve a kő-, beton- és vasbeton hidak és pillérek 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.

A hidak rombolási alapelveiben, a rombolandó hossz (szakasz) meghatározásában, illetve a teljes és részleges rombolás tartalmának megállapításában tapasztalható némi eltérés. A rombolandó hossznál minden bizonnyal közrejátszott az ellenség akadály-áthidalási lehetőségeinek ismerete, illetve a saját képességek (erő, idő, robbanóanyag) mérlegelése. Amíg a hadseregek nem rendelkeztek korszerű, mobil roham- és kísérőhidakkal, elegendő volt a teljes rombolás végrehajtásához a *Műszaki oktatás*ban foglalt 60 m-es rombolási szakasz tönkretétele. Később, a teljes hídrombolás már a keresztmetszében lévő teljes áthidalásra vonatkozott, melyen belül természetesen a konkrét robbantások meghatározása a szerkezet tulajdonságainak függvénye.

Teljes rombolás végrehajtásakor a pillérek tönkretétele az 1965-ös utasítás megjelenéséig nem volt feltétlen szempont. Ez azért is érdekes, mert ugyanakkor már az 1903-as *Kézikönyv* kitér arra, hogy a hidak egy részének építéskor előre elkészített aknakamrákat alakítottak ki a pillérekben. Ráadásul a pillérek rombolásakor a töltetek elhelyezésére vonatkozó szabályokat csaknem azonosan határozták meg az összes utasításban, a század elejétől napjainkig(!).

A pillérek ferde keresztmetszetben, egymáshoz képest ellentétes irányban való robbantását szintén a Mű/2. *Robbantási utasítás* megjelenése szabályozta egyértelműen. Ezt megelőzően az 1950-es *Ideiglenes utasítás* is tesz róla említést, de a végrehajtás pontos módját és a tervezés módszerét nem határozza meg. Ezen a téren egyébként a jelenlegi utasításunk is adós marad, hiszen a ferde robbantás szabályainak ismertetését nem követi egy módszertani rész, melyben a tervezés végrehajtását is bemutatná.<sup>551</sup> Oktatói tapasztalatomból tudom, hogy nemcsak a Katonai Főiskolán, de még esetenként az Akadémián is gondot

<sup>550</sup> Mű/213. *Robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971, 142. sz. ábra, 217.

<sup>551</sup> A Mű/2.-ből szintén hiányzik ez a fontos rész.

jelentett a hallgatók számára egy ferde keresztmetszetben való pillérrobbantás korrekt megtervezése. Ennek fő oka pedig nem a feladat bonyolultsága, hanem a megfelelő minta, a módszertani segítség hiánya.

A kő- és betonhidak rombolási elvei és módszerei tulajdonképpen semmit nem változtak az idők folyamán. Ezt támasztják alá azok a vázlatok is, melyek a 135–145. ábrán láthatók. Mivel a szerkezetek változatlanok, így ezen a téren nem is indokolt semmilyen változtatás.

Az összes szerkezet közül az elmúlt évtizedekben a vasbeton hidak mentek át a legnagyobb fejlődésen, ami viszont nem tükröződik vissza a jelenlegi utasításunkban (mely tulajdonképpen az '50-es évek végének, '60-as évek elejének színvonalát tárja elénk). Az új szerkezetű vasbeton hidak rombolásakor ez visszaüthet, hiszen ha nem ismerjük fel a híd típusát, a robbantási keresztmetszetek megválasztása sem fog megfelelni a híd statikai sajátosságainak. Ennek végeredménye pedig ugyanaz lesz, mint ami a Szabadság híd II. világháborús robbantásakor történt, amikor – nem ismerve fel a Gerber-tartós szerkezetet – függőhídként tervezték meg és hajtották végre a rombolást. Ebből adódóan „csak” a két közbeeső pillér közötti hídmezőt tették tönkre.<sup>552</sup>

A saját területen megvívandó védelmi hadművelet (harc) műszaki támogatási feladatainak egyik sajátossága nagyszámú híd romboláshoz való előkészítése lehet. Mivel a robbantás kiváltásáig (ha egyáltalán erre szükség lesz) a hídon a forgalmat fenn kell tartani, a szerelést csak második készenléti fokon lehet elvégezni, melynek egyik sajátossága az, hogy a gyutacsok nem helyezhetők be a töltetekbe. A készenléti fok váltására viszont az esetek egy részében csak nagyon rövid idő (15-20 perc) áll majd rendelkezésre, mely alatt elképzelhetetlen például a pillérekben lévő aknakutakba az indítóöltetek leengedése és a fojtás végrehajtása. Jelen robbantási utasításunk semmilyen módszertani segítséget nem ad e probléma megoldására.

### 3.5. Javaslatok a hidak katonai célú robbantása megtervezésével és megszervezésével kapcsolatban

1. Át kell tekinteni a hídépítés terén az elmúlt évtizedekben bekövetkezett változásokat (anyag, szerkezet, technológia), és ennek megfelelően ki kell dolgozni az új típusú hidak rombolási elveit.
2. A korszerű útépítések során nagyon sok típushidat készítenek, melyekbe szintén előre gyártott típus-tartókat építenek be. Ezen hidak rombolási tervei előre elkészíthetők, kiadhatók a műszaki csapatok részére.
3. A saját területen folytatandó védelmi hadművelet (harc) sikerességének fokozása érdekében egyik oldalról megfontolandó a pillérekben előre kiépített aknakutak/aknakamrák elkészítése az épülő új hidaknál. Ennek többletkiadásai a teljes költséghez viszonyítva elenyészők, ugyanakkor a romboláshoz való előkészítés során, az aknakamrák elkészítésekor nem kell sokkal durvább módszerek alkalmazásával (légkalapács, esetleg robbantás) meggyengíteni egy olyan híd pillérét, melyet aztán esetleg nem is lesz szükséges felrobbantani (viszont a pillér újbóli helyreállítása nagyságrendekkel többre fog kerülni). Ugyanakkor megfontolást érdemel az a tény is, hogy korunk új kihívása, a nemzetközi terrorizmus számára pont a kritikus infrastruktúrák egyik elemeként szereplő hidak elleni támadást könnyíthetjük meg ezáltal.
4. A hidak rombolásának megtervezése felelősségteljes, összetett feladat. Ennek segítése céljából egyrészt bevezethetőek az elhatározás meghozatalát könnyítő folyamatábrák (16. és 18. melléklet). Ugyanakkor jelentősen gyorsíthatja ezt a munkát egy hidrobbantást tervező számítógépes program alkalmazása. A '80-as években, az akkori informatikai eszközök alkalmazásával elkészítettem egy ilyen programot mind magyar, mind pedig orosz nyelven.<sup>553</sup> Ma már ez nem, de egy programozó szakember által ennek alapján elkészített, továbbfejlesztett program mellékelhető lenne egy új robbantási utasításhoz, esetleg külön kezelési utasítással kiadható lenne a műszaki törzseknek. Használata révén kiküszöbölhetővé válnának az esetleges tervezési hibák is, mert korrekt adatok betáplálása esetén a program kiszűri az emberi tévedést.
5. A 3. pontban említett típushidakon kívül a hidrobbantást tervező program segítségével már békeidőszakban elkészíthetőek az országban található, várhatóan nagy fontosságú hidak (ezek a létező

<sup>552</sup> Ennek volt köszönhető, hogy Budapest újjáépítése során a Szabadság híd volt az első állandó híd, amelyet átadtak.

<sup>553</sup> *Vasbeton hidak robbantásának tervezése – számítógépes program.* A ZMKA Parancsnokának Nívódíjában részesített TDK-pályamunka, 1987; *Putyi povüsényija efektyivnosztyi razrusenyija zselezobetonnih mosztoz sz iszpolovanyijem EVM (A vasbeton hidak rombolása hatékonyságának növelési lehetőségei számítógép alkalmazásával).* A Szovjetunió Honvédelmi Minisztériuma Műszaki Főnökének dicsérő oklevelével díjazott (2. díj) TDK-pályamunka. Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1990.; *Hidak rombolásának megtervezése COMMODORE-64 mikroszámítógép segítségével – programcsomag.* A ZMKA Újítási Bizottsága által elfogadott újítás, 1991.

- katonaföldrajzi értékelések alapján meghatározhatóak) rombolási tervei. A tervek viszont nem fizetési vastagságú, szekrényekben tárolt okmányok lennének, hanem számítógéppel feldolgozottak.<sup>554</sup> Ennek technikai feltételei a Magyar Honvédségnél természetesen adóttak.
6. A manuális hidrobbantási tervezés oktatásához több módszertani segítséget nyújtó utasításra van szükség, melyben például részletesen bemutatjuk a pillérek robbantásának megtervezését, a töltetek elhelyezésének, a hálózatok fektetésének és mechanikai hatásoktól való védelmének gyakorlati végrehajtását. Ugyancsak ki kell térni egy alféjezet vagy melléklet erejéig a többször említett, de igazán egyszer sem bemutatott szerelőmező kérdésére. Mivel a Magyar Honvédségnél központi ellátmányként ilyenekkel nem rendelkeznek a csapatok, így saját maguknak kell ezt megtervezniük és legyártaniuk. A *Hidrobbantás tervezési segédlet*ben, majd ezt követően egy cikkben<sup>555</sup> részletesen bemutattam a tervezés menetét, de ezt utasítás szinten is ki kell adni akár ebben a formában, akár egy műszaki leírásként.
  7. Ki kell dolgozni és egy új robbantási utasításban rögzíteni kell a hídrombolások előkészítése kézenléti fokainak belső tartalmát. Ezen belül konkrét ajánlásokat kell tenni például a tanult, gyutacs nélküli robbantás alkalmazásának lehetőségeire a pillérek robbantáshoz való előkészítése során (orosz tapasztalatok alapján, egy akadémiai jegyzetem<sup>556</sup> vonatkozó részében ezt megtettem, de ennek gyakorlati felhasználhatóságához központi utasítás szükséges).

<sup>554</sup> Hodosi Lajos: *Meglévő hidak robbantási tervének feldolgozása a 'MapInfo' számítógépes térinformatikai rendszerrel.* Szakdolgozat. ZMKA Műszaki tanszék, 1993. (Konzulens: Lukács László.)

<sup>555</sup> Lukács L. – GÁL J.: Szerelőmezők készítése hidak rombolásához. *Honvédségi Szemle*, 1987/1. szám, 83–85.

<sup>556</sup> Lukács László: *Harcászati műszakizár-csomópontok létesítése, fenntartása, aktivizálása. A zászlóalj védőkörlet műszakizár-rendszere.* Akadémiai jegyzet. ZMKA Műszaki tanszék, Budapest, 1994.

## 4. Épületek, kémények és tornyok gyorsrobbantása

Földünk nagy reményekkel köszöntötte a XXI. századot. A múlt hibáin okulva az emberiség sorsának jobbá fordulását vizionáltuk. A valóság sajnos más lett. Új, globális fenyegetést kellene, kell elhárítanunk, melyet nemzetközi terrorizmusként definiáltunk. Robbantási szakemberként nagy szomorúsággal kell nap mint nap tapasztalnom, hogy a robbantószerkek – mint már oly sokszor történelmünk során – megint csak az értelmetlen pusztítás eszközévé váltak. A terrorizmussal, létrejöttének okaival szakértők foglalkoztak számtalan fórumon. Nem megnyugtató, hogy a vitán kívül nem jutottak sokkal előrébb. Az értelmetlen pusztítást, ártatlan életek kioltását elkeseredetten szemlélő laikusként nem kívánok foglalkozni ezzel a kérdéssel. Sokkal inkább érdekel a robbantásos cselekmények mögött álló ember. Ki ő? Honnan szerezte szakmai ismereteit?<sup>557</sup>

A fenti kérdések természetesen költőiek. Katonai robbantási szakemberként pontosan tudom a választ is. Elég, ha elolvassuk a „meglepő akna”<sup>558</sup> fogalmát, melyet a *Mértéktelen sérülést okozónak vagy megkülönböztetés nélkül hatónak tekinthető egyes hagyományos fegyverek alkalmazásának betiltásáról, illetőleg korlátozásáról* szóló, Genfben 1980. október 10-én elfogadott nemzetközi egyezmény<sup>559</sup> az alábbiak szerint rögzít: „Bármilyen eszköz vagy anyag, amelynek az a rendeltetése, úgy van megkonstruálva vagy úgy van összeszerelve, hogy váratlanul működésbe lépve halált vagy sérülést okozzon, amikor egy személy egy nyilvánvalóan veszélytelennek tűnő dologgal végez tevékenységet.” A terroristák saját készítésű (improvizált) robbanószerkezetei, melyeket a nemzetközi szaknyelv IED<sup>560</sup> néven ismer, ugyanezekkel a jellemzőkkel bírnak, nem véletlenül. A témát itt akár be is fejezhetnénk, a felvetett kérdések megválaszolásához további kutakodásra nincs szükség. A világ összes hadseregében a fent említett meglepő aknák alkalmazása a harc (különös tekintettel a város harc, de az ellenség „hátszágában” szabotázs cselekmények elkövetésére kiküldött mélységi diverziós és felderítő alegységek feladatának is) szerves részét képezik. Ebből fakadóan, a jelölt szakalegységek katonái kiképzést kapnak a készítésükhöz alkalmazandó gyári(!) gyújtószerkezetek használatából; ha ilyen nincs kéznél, akkor a rendelkezésre álló egyéb eszközök (ruhacsipesz, egérfogó és egyéb olyan tárgyak, melyek egy áramforrásból és villamos gyutacsból álló áramkörben az áramkör záró szerepét tölthetik be) ilyen célú felhasználásáról. Hogy aztán a villamos gyutacsot milyen méretű robbanótöltetbe helyezik el, az a robbantó szándékától függően néhány dekagrammtól több száz kilogrammig terjedhet.

A következő kérdés: miért és milyen módon hajtják végre ezeket a robbantásokat? A *robbanóanyagokkal elkövetett bűn- és terrorcselekmények vizsgálatakor* ezek az alábbi főbb kategóriákba sorolhatók, az elkövető célja alapján:

- a konkrét személyek elleni merényletek;
- a demoralizáló (zavarkeltő) célzatú;
- az általános bosszú vezérelte robbantások.

Az egyes kategóriákon belül *világosan behatárolhatók az elkövetési módszerek és a potenciális célszemélyek, illetve objektumok:*

- A konkrét személyek elleni, robbanóanyaggal végrehajtott támadások esetén közvetlenül a személy vagy az általa használt, alkalmazott tárgy, berendezés „ellen” készített kisméretű, célirányosan elhelyezett töltetekkel kell számolni; a kivitelezés konkrét formái a levél-, csomag- és autóbombák.
- A demoralizáló célú robbantásoknál a cél elsősorban a zavarkeltés, melyet viszonylag kis mennyiségű robbanóanyag-töltet nagy forgalmú helyen történő elhelyezésével próbálnak elérni (az esetek egy

<sup>557</sup> A fejezetben felhasználtuk a szerző *Kiből lehet robbantó? A bombamerényletek humán oldala* című, a Magyar Robbantástechnikai Egyesület „Fúrás-robbantástechnika 2010” Nemzetközi Konferenciáján (Balatonkenese, 2010. szeptember 7–10.) elhangzott előadásának a konferenciakiadványban megjelent tanulmányát (177–185. oldal).

<sup>558</sup> Angol megfelelője „booby trap”, oroszul „mina lovuska”.

<sup>559</sup> Magyarország az 1984. évi 2. számú törvényerejű rendelettel vezette be. A felülvizsgálati konferencia dokumentumát az 1997. évi CXXXIII. törvény, a *Mértéktelen sérülést okozónak vagy megkülönböztetés nélkül hatónak tekinthető egyes hagyományos fegyverek alkalmazásának betiltásáról, illetőleg korlátozásáról* szóló egyezmény és a hozzá csatolt jegyzőkönyvek kihirdetéséről rendelkező 1984. évi 2. számú törvényerejű rendelet módosításáról és kiegészítéséről ratifikálta.

<sup>560</sup> Improvised Explosive Device.



részében még a töltet iniciálására sem kerül sor, hiszen például egy áruház forgalma csupán a reális fenyegetésnek a demonstrálásával is jelentősen visszavethető).

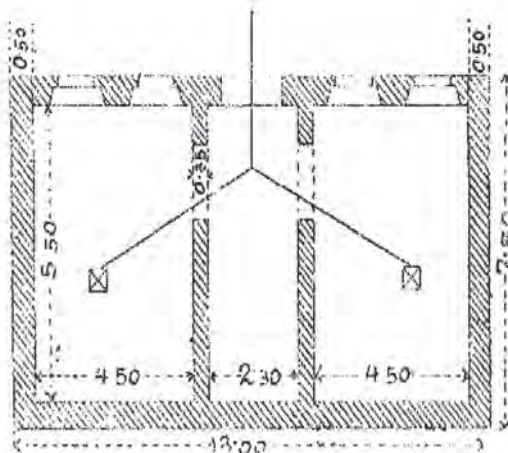
- Az általános bosszú célzatú merényleteknél a helyszín megegyező lehet a demoralizáló célú robbantásnál említettel (hacsak nem konkrét személyek ellen irányul, mint például a libanoni amerikai tengerészgyalogosok épülete elleni támadásnál), de a robbanóanyag-mennyiség jelentősen megnőhet, hiszen a fő cél a pusztítás, melynek egyik eszköze a közvetlen robbanáson kívül az összeomló épület vagy annak egyes részei.<sup>561</sup>

A fenti célok eléréséhez az esetek többségében (a személyek elleni levél- vagy csomagbombs támadásokat kivéve) nem rátett, hanem a robbanási lökéshullám energiáját felhasználó, úgynevezett „közbehelyezett” töltetet alkalmaznak, melynek nagyságának meghatározására az ipari robbantástechnikában hiába keresnénk szabályt. Nem így a katonai robbantástechnikában, ahol a feladatok végrehajtásához legtöbbször kevés idő áll rendelkezésre. Ezért „találták ki” ezeket a tölteteket, melyek néhány perc alatt elhelyezhetők egy építmény belsejében. A fejezetben az építmények ilyen, ún. gyorsrobbantásának a szabályait, azok fejlődését tekintjük át.

#### 4.1. Épületek gyorsrobbantása

Az épületek gyorsrobbantása nem új dolog. Az első ilyen „töltet-meghatározással” egy polgári robbantási szakkönyvben találkozunk, még 1903-ban. Schaffer Antal *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve* című munkájában<sup>562</sup> írta az alábbiakat: „Lakó házak, raktárak és hasonló épületek (...) lerombolhatók egyes helyiségekben alkalmazott szabad töltésekkel, melyeket azonban egyidejűleg fel kell robbantani.”

„A szabad töltéseket az épület legalsóbb emeletében, illetve ahol pincehelyiségek vannak, azokban kell elhelyezni. A legtöbb esetben elégséges lesz a robbantó töltéseket csak egyes helyiségekben elhelyezni [153. ábra]. A feltüntetett épület két szélső és egy középső helyiségből áll s lerombolására csak a szélső helyiségekben fogunk robbantó tölteteket elhelyezni, melyeket gyakorlatilag a levegő térfogatából határozhatunk meg.”<sup>563</sup>



153. ábra

*Közönséges épületek robbantása*<sup>564</sup>

„Hadügyi kormányzatunk arra hivatott közegei, sok oldalú kísérletezés útján (...) megállapították, hogy legfeljebb 1.5 m vastag falazatú épületeknél 1.0 köbméter üres térfogatra 0.1-0.3 kg II. osztályú dynamitot, illetve 0.6-2.0 kg robbantó port<sup>565</sup> kell számítani; 1.5 m-nél erősebb falaknál pedig 0.3-0.6 kg II. osztályú dynamitot illetőleg 2.0-4.0 kg puskaport.

A (...) töltéseket egyenlő ellenállású külső falaknál rendszeren a helyiség padlójának közepére helyezzzük el, ellenkező esetben pedig a vastagabb falak mellett vagy azok közelében. (...) Hosszú és zárt folyosóknál célszerű a kiszámított töltést, a helyiség hosszához mérten, két vagy több helyre elosztani.”<sup>566</sup>

<sup>561</sup> Lukács László: Robbantásos merényletek elkövetésének lehetősége Magyarországon. *Hadtudomány*, 1994/3. szám, 82–90.

<sup>562</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903.

<sup>563</sup> *Uo.*, 250.

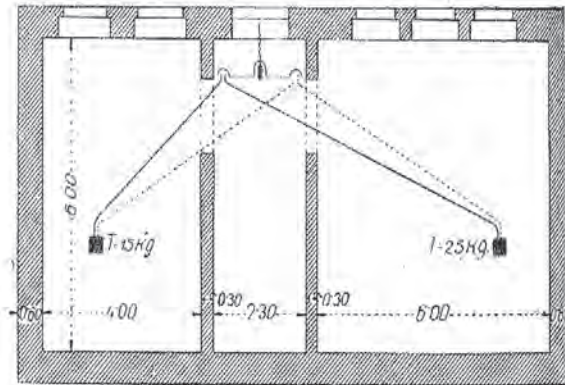
<sup>564</sup> *Uo.*, 181. sz. ábra, 250.

<sup>565</sup> Fekete lópor.

<sup>566</sup> SCHAFFER Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 251.

A fent ismertetett módszer kiállta az idők próbáját, hiszen az ezt követő katonai robbantási szabályzatok, utasítások csak az egy légköbméterre számítandó robbanóanyag tömegében térnek el elődjüktől (az alkalmazott robbanóanyag robbantási paramétereinek függvényében).

Az 1928-as szabályzat<sup>567</sup> szerint: „Az építmények belső helyiségeiben elhelyezett aknákkal a földszinten, ha pince van, ott robbantsunk. Minden köbméter levegőre 1.5 m vastag falig 0.1-0.3 kg, vastagabb vagy földdel övezett falaknál (pincék) 0.3-0.6 kg ekrazitot kell számítanunk. A felsőbb értékeket (0.3-0.6 kg) olyan épületeknél alkalmazzuk, melyekben sok az ajtó- és ablaknyílás, vagy melyeknek falai különböző vastagságúak.”<sup>568</sup> Elődjéhez hasonlóan rögzíti, hogy „egyenlő vastagságú falaknál a tölteteket a tér közepére, egyébként a legnagyobb ellenállású fal közelébe helyezzük”, továbbá „nagyobb helyiségekben a tölteteket megosszuk”.<sup>569</sup>



154. ábra

Épület robbantása belső töltetekkel<sup>570</sup>

Az 1950-ben kelt *Robbantási segédletben*<sup>571</sup>, bár az eddigi, főleg német elvek után a szovjet szabályok bevezetését jelentette, a következőket olvashatjuk: „A helyiség belső térfogatának minden köbméterére tégl épületeknél (ahol a falak vastagsága 0.5-2.0 m-ig terjed), 200-600 gr., kő- és betonépületeknél pedig 200-1200 gr. közepes hatóerejű robbanóanyagot számítunk.”<sup>572</sup> Az eljárást annyiban fejlesztette tovább, hogy kiter az alapincézett épületek robbantására is, miszerint: „Ha az épületnek pincéje van, akkor a pince 1 m<sup>3</sup>-re 1 kg közepes hatóerejű robbanóanyagot számítunk. Az ablakokat és az ajtókat (...) be kell deszkázni, vagy homokzsákokkal be kell tölteni.” A mellékelt ábra (155. ábra) meglehetősen érzékletesen szemlélteti a robbantás előkészítését.



155. ábra

Téglaépület rombolása egy összpontosított töltettel<sup>573</sup>

<sup>567</sup> E.-34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928.

<sup>568</sup> Uo., 367. pont, 257.

<sup>569</sup> Uo., 369. pont, 257-258.

<sup>570</sup> Uo., 166. sz. ábra, 258.

<sup>571</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950.

<sup>572</sup> Uo., 146.

<sup>573</sup> Uo., 120. sz. ábra, 145.

A számítást az alábbi töltéttáblázat könnyíti meg.

52. táblázat

Épület robbantása szabadon elhelyezett összpontosított töltetekkel<sup>574</sup>

Az épület belső főfalainak fala m <sup>2</sup> -ben	Téglafal vastagsága m-ben					Kő- és betonfal vastagsága m-ben				
	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5
	A töltetek nagysága kg-ban									
10	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	2.0	3.0	4.0	6.8	8.0
20	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0	4.0	6.8	8.0	12.0	16.0
30	3.0	4.5	6.0	9.0	12.0	6.0	9.0	12.0	18.0	24.0
40	4.0	6.0	8.0	12.0	16.0	8.0	12.0	16.0	24.0	32.0
50	5.0	7.5	10.0	15.0	20.0	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0
60	6.0	9.0	12.0	18.0	24.0	12.0	18.0	24.0	36.0	48.0
70	7.0	10.5	14.0	21.0	28.0	14.0	21.0	28.0	42.0	56.0
80	8.0	12.0	16.0	24.0	32.0	16.0	24.0	32.0	48.0	64.0
90	9.0	13.5	18.0	27.0	36.0	18.0	27.0	36.0	54.0	72.0
100	10.0	15.0	20.0	30.0	40.0	20.0	30.0	40.0	60.0	80.0
120	12.0	18.0	24.0	36.0	48.0	24.0	36.0	48.0	72.0	96.0
140	14.0	21.0	28.0	42.0	56.0	28.0	42.0	56.0	84.0	112.0
160	16.0	24.0	32.0	48.0	64.0	32.0	48.0	64.0	96.0	128.0
180	18.0	27.0	36.0	54.0	72.0	36.0	54.0	72.0	108.0	144.0
200	20.0	30.0	40.0	60.0	80.0	40.0	60.0	80.0	120.0	160.0

Az ugyancsak 1950-es *Ideiglenes robbantási utasítás*<sup>575</sup> annyit módosított a *Robbantási segédlet*ben meghatározottakon, amennyiben szerinte „közepes hatóerejű robbanóanyag esetén a helyiségek belvilágának 1 m<sup>3</sup>-ére 0,1–0,6 kg-ot kell számítani”<sup>576</sup>. A pincék robbantását változatlanul hagyta.

Sok változás a mai robbanási szabályainkban sincs. Az 1965-ben,<sup>577</sup> majd 1971-ben<sup>578</sup> kiadott *Robbantási utasítások* azonos elveket fektettek le:

- „Az épületek belsejében elhelyezett közbehelyezett töltetek súlya a helyiség térfogatától és a falak vastagságától függ (...) 0.5-2.0 m falvastagságig (...) a földszint teljes belső térfogatának minden egyes köbméterére 0.1-0.4 kg, ha a tölteteket a pincében helyezük el, akkor a pincehelyiség teljes térfogatának minden egyes köbméterére 1.0 kg közepes hatóerejű robbanóanyag jusson.”
- „Egyenlő falvastagság esetén a tölteteket a helyiségek közepére helyezük, ha azonban a falak vastagsága eltérő, akkor a tölteteket a vastagabb falakhoz kell közelebb helyezni.”
- „A közbehelyezett töltetek mennyisége az épület hosszától és belső főfalainak számától függ. Ha a rombolandó épület hossza lényegesen nagyobb szélességénél, akkor célszerű az épület kétszeres szélességének megfelelő távolságban elhelyezni a tölteteket, és azokat egy tűzben robbantani. Ha az épületnek belső főfalai vannak, akkor a főfalak által különválasztott minden épületrészben célszerű önálló közbehelyezett töltetet alkalmazni. A kiszámított össz töltetmennyiséget ebben az esetben az egyes épületrészek térfogatával arányosan kell elosztani.”
- „Az említett szabályok alapján számított töltetek az ablak- és ajtónyílások fojtása nélkül is biztosítják az épületek rombolását, ezért e nyílászárók fojtása nem kötelező.”
- „Jelentősen csökkenhet az épület rombolási határfoka, ha a földszint padlózata alatt légüres tér van. Ebben az esetben e légüres teret a helyiség számított légköbméteréhez hozzá kell adni.”<sup>579</sup>

Az épületek közbehelyezett töltetekkel történő robbantásának 1903–1971 közötti szabályait az 53. táblázatban<sup>580</sup> foglaltuk össze.

<sup>574</sup> *Uo.*, 10. sz. táblázat, 146.

<sup>575</sup> *E.-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950.

<sup>576</sup> *Uo.*, 159. pont, 182.

<sup>577</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965.

<sup>578</sup> *Mű/213. Robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971.

<sup>579</sup> *Uo.*, 181–182.

<sup>580</sup> A szerző által készített táblázat.

53. táblázat

Épületek robbantása közbehelyezett töltettel, 1903–1971

Utasítás/adat	A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, 1903	Műszaki oktatás – Robbantások, 1928	Robbantási segédlet, 1950	Ideiglenes robbantási utasítás, 1950	Robbantási utasítás, 1965, 1971
Töltetek a földszinten	1,5 m falvastagságig 0,1–0,3 kg II. osztályú dynamit, vagy 0,6–2,0 kg robbantópor/légm <sup>3</sup> ; 1,5 m felett 0,3–0,6 kg dynamit, vagy 2,0–4,0 kg puskapor	1,5 m falvastagságig 0,1–0,3 kg ekrazit léghőbőmterenként 1,5 m falvastagság fölött 0,3–,6 kg ekrazit	Téglaépület 0,5–2,0 m falvastagságig 200–600 g/légm <sup>3</sup> közepes hatóerejű robbanóanyag; kő- és betonépületnél 200–1200 g/m <sup>3</sup>	Közepes hatóerejű robbanóanyag esetén a helyiségek belvilágának 1 m <sup>3</sup> -ére 0,1–0,6 kg-ot kell számítani.	0,5–2,0 m falvastagságig a belső térfogat minden m <sup>3</sup> -re 0,1–0,4 kg közepes hatóerejű robbanóanyag
Töltetek a pincében	Megegyező a fentivel.	0,3–0,6 kg ekrazit/léghőbőmter	1 kg/légm <sup>3</sup>	1 kg/légm <sup>3</sup>	1 kg/légm <sup>3</sup>
Töltet elhelyezése közel négyzet alaprajzú helyiségben	Egyenlő vastag falaknál a helyiség közepén, ellenkező esetben a vastagabb falakhoz közelebb.	Egyenlő vastagságú falaknál a tölteteket a tér közepére, egyébként a legnagyobb ellenállású fal közelébe helyezzük.	–	–	Főfalak által egy-mástól elkülönített minden egyes épületrészben külön töltetet kell elhelyezni.
Töltet elhelyezése hosszú helyiségben	A helyiség hosszához mérten két vagy több részre elosztva.	Nagyobb helyiségekben a tölteteket megosztjuk.	–	–	Az épület kétszeres szélességével egyenlő távolságban több, egy tűzben felrobbantandó töltet.

## 4.2. Kémények és tornyok gyorsrobbantása

A hagyományos épületek gyorsrobbantásához hasonlóan a magas tornyok és kémények rombolására is alkalmaztak, alkalmaznak közbehelyezett tölteteket. A *Kézikönyv* (1903) az alábbiakat írja: „Ha a torony belső köze aránylag szűk és szabad magassága legalább 8.0 m, akkor a rombolásra szánt töltetmennyiséget, az eddigiektől eltérőleg, nem a helyiség térfogatának alapul vételével fogjuk meghatározni, hanem kiindulva a torony fenékterületéből, melynek négyzetméterére, a külső fal ellenállása szerint, 1.0–2.5 kg II. osztályú dynamitot számítunk. A fentiek szerint meghatározott töltések elégségesek felül nyitott tornyok robbantására is, ha a fal magassága legalább 8.0 m.”<sup>581</sup>

A *Műszaki oktatás* (1928) szerint: „Szűk, legalább 8 méter magas tornyoknál – ha felül nyitottak is – a padló minden négyzetméterére 1–2.5 kg robbanóanyagot számítsunk. Az ablak- és ajtónyílások eltömlése elmaradhat.”<sup>582</sup>

A *Robbantási segédlet* (1950)<sup>583</sup> csak az épületek közbehelyezett töltettel való rombolásáról ír, a 4.1. alfejezetben bemutatottak szerint.

Az *Ideiglenes robbantási utasítás* (1950)<sup>584</sup> viszont újból foglalkozik a témával: „Tornyokat, harangtornyokat csak akkor robbanthatunk földszinti helyiségükben szabadon elhelyezett töltettel, ha faluk két méternél nem vastagabb. A szabadon elhelyezett töltetek súlya a földszint belső térfogatától függően 1 m<sup>3</sup>-re 1 kg közepes hatóerejű robbanóanyag.

Az összes külső nyílásokat be kell deszkázni és homokzsákokkal vagy hasonló anyagokkal befalazni.

Ha a torony felül nyitott, akkor a padló területe szerint határozzuk meg a robbanóanyag mennyiségét. 1 m<sup>2</sup>-re 3-4 kg közepes hatóerejű robbanóanyagot kell számítani.”<sup>585</sup>

Az 1965-ben<sup>586</sup> és az 1971-ben<sup>587</sup> kiadott *Robbantási utasítások* egymással megegyező tartalommal tárgyalják a kérdést úgy, hogy szétválasztják a feladatot tornyok és kémények robbantására:

<sup>581</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 252.

<sup>582</sup> E.–34 (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész*. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 368. pont, 257.

<sup>583</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950.

<sup>584</sup> E.–mű. I. *Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950.

<sup>585</sup> *Uo.*, 160. pont, 183–184.

<sup>586</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965.

<sup>587</sup> *Mű/213. Robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971.

- „Váznélküli tornyokat (...) a földszint padlóján telepített közbehelyezett összpontosított töltettel robbantjuk (...) ha a falak vastagsága nem haladja meg a 2 métert.
- A földszint padlóján elhelyezett közbehelyezett töltet súlyának számvetésénél az adott szint belső térfogatának minden köbméterére 1 kg robbanóanyagot számolunk.
- A tornyok padlóján elhelyezett közbehelyezett töltetekkel való robbantáskor be kell deszkázni a fal nyílásait és azokat homokzsákokkal kell megtámasztani, fojtani.
- Felül nyitott tornyok esetében a robbantáshoz szükséges robbanóanyag számvetésénél a padlózat alapterületének minden m<sup>2</sup>-re 3-4 kg közepes hatóerejű robbanóanyagot számolunk.”<sup>588</sup>

*Téglából készült kémények* helyszíni beomlasztásánál is alkalmazhatók közbehelyezett összpontosított töltetek, „melyeket a kémények belsejében, alapjuk közepén helyezünk el olyan számítással (...), hogy az alapterület minden négyzetméterére 4-5 kg közepes hatóerejű robbanóanyag jusson; a kémények belépő nyílásainál fojtást kell alkalmazni.”<sup>589</sup>

Az épületek gyorsrobbantásánál bemutatotthoz hasonlóan a tornyok és kémények közbehelyezett töltetekkel történő robbantásának 1903–1971 közötti szabályait is egy táblázatban foglaljuk össze (54. táblázat).<sup>590</sup>

54. számú táblázat

*Tornyok és kémények robbantása közbehelyezett töltettel, 1903–1971*

Utasítás/adat	A gyakorlati robbantó technika kézikönyve, 1903	Műszaki oktatás – Robbantások, 1928	Ideiglenes robbantási utasítás, 1950	Robbantási utasítás, 1965, 1971
Zárt torony robbantása	Legalább 8,0 m szabad belmagasság esetén 1,0–2,5 kg II. osztályú dinamit/m <sup>2</sup> .	Legalább 8,0 m szabad belmagasság esetén 1,0–2,5 kg ekrazit/m <sup>2</sup> .	Alkalmazás max. 2,0 m falvastagságig. 1,0 kg közepes hatóerejű robbanóanyag/m <sup>2</sup> .	Alkalmazás max. 2,0 m falvastagságig. 1,0 kg közepes hatóerejű robbanóanyag/m <sup>2</sup> .
Felül nyitott torony robbantása	Megegyező a fentiekkel.	Megegyező a fentiekkel.	3,0–4,0 kg/m <sup>2</sup> közepes hatóerejű robbanóanyag.	3,0–4,0 kg/m <sup>2</sup> közepes hatóerejű robbanóanyag.
Kémény robbantása	–	–	–	4,0–5,0 kg/m <sup>2</sup> közepes hatóerejű robbanóanyag.

### 4.3. Részkövetkeztetések

Az 53. és 54. táblázatok bizonyítják, hogy az épületek, tornyok és kémények közbehelyezett összpontosított töltetekkel való robbantásának szabályai nagyon kis változáson mentek át az évtizedek alatt. Mivel úgy a jelenlegi *Robbantási utasításunk*, mint az 1945 után kiadottak mindegyike orosz fordítás alapján készült – akárcsak a többi volt szocialista országé –, így ezek az ismeretek nagyon sok ország nagyon sok katonájához eljutottak. Az ismeretek másik felét tőlünk nyugatra nyomtatták ki. A katonák ott is megfelelő felkészítést kaptak az ilyen jellegű feladatokra. Az eredményt pedig nap mint nap olvashatjuk, láthatjuk a médiában.

Sajnos el kell fogadnunk azt a tényt, hogy korunk egyik legnagyobb problémája a terrorizmus, mely a világon mindenhol jelentkezik, megjelenhet. A merényleteket kiváltó okok sokfélesége megnehezíti az ellene való küzdelmet. Ugyancsak tény, amelyet a napi sajtóhírek újból és újból megerősítenek, hogy hatalmas pusztító hatásuk következtében előtérbe kerültek a robbanóanyagok alkalmazásával elkövetett cselekmények.

Ebben a fejezetben bizonyítani kívántuk (egyben megválaszolva a bevezetőben feltett kérdést, hogy kik és milyen szakmai tudás alapján képesek robbantásos cselekményeket elkövetni), hogy a bűnös célú, illetve a terrorrobbantások potenciális elkövetői közöttünk élnek. Speciális szaktudásukat a világ bármely hadseregében megszerezhették, megszerezhetik. A védekezést tehát nem azok megkeresése jelentheti, akik képesek ilyen szerkezetek készítésére, a robbantáshoz szükséges robbanóanyag-mennyiség kiszámítására. Ilyen alapon fegyveres bankrablás lehetséges elkövetőjeként vizsgálhatnánk a lakosság szinte minden legalább középkorú férfi tagját, hiszen korábbi katonáideje alatt kötelezően elsajátította a kézi lőfegyverek használatát.

<sup>588</sup> *Uo.*, 208. pont, 183.

<sup>589</sup> *Uo.*, 209. pont, 184–185.

<sup>590</sup> A szerző által készített táblázat.

Természetesen azt sem tehetjük, hogy a terrorista cselekményeket feltartott kézzel, sorscsapásként fogadjuk, mintegy belenyugodva a jelenlegi helyzetbe. Elhárításuk lehetőségeit az erre hivatott szakembereknek kell kutatniuk. Saját szűkebb szakterületemnek megfelelően én is megpróbáltam a magam kis szeletét hozzátenni ehhez a munkához. Az Óbudai Egyetem és a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem (majd jogutódként a Nemzeti Közszerződési Egyetem) által elnyert TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 *Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások* című kétéves projekt keretében (2012–2013) az *Építmények védelme, megerősítése robbantásos cselekmények ellen* című kiemelt kutatási terület szervezőjeként és vezetőjeként a következő munkát végeztük el.

A kutatás célkitűzései az alábbiak voltak: a Magyar Honvédség szerepvállalása a nemzetközi békefenntartó feladatokban sürgető szükségszerűséggé teszi a robbantásos cselekmények vizsgálatát, az ellenük való védekezés adminisztratív, technikai/műszaki és szervezeti lehetőségeinek kutatását. A kutatás eredményeként a magyar 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 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 elért kutatási eredményeinket, másrészt kapcsolatokat építettünk a szakterület nemzetközi szakértőivel.

A kutatás *tervezett részfeladatai* az alábbiak voltak:

- A robbantásos merényletek jellemzőinek meghatározása.
- Bekövetkezett robbantásos merényletek – esettanulmányok.
- A kritikus infrastruktúra körébe tartozó létesítmények veszélyeztetettségének meghatározása kockázatelemzéssel.
- A robbanási hatások elleni védelmet szabályozó hazai és nemzetközi előírások tanulmányozása, kutatása, összehasonlítása. Ennek eredményeként elkészült az *Építmények robbantásos cselekmények elleni védelmét szolgáló hazai és nemzetközi szabályozók, szabványok, szabályzatok, egyéb szakanyagok* című kutatási adatbázis DVD-n, mely a témával kapcsolatos 323 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. A végrehajtást a *Kísérleti robbantások háromféle robbanóanyag robbanásfizikai paramétereinek és arányossági jellemzőinek megállapításához* című filmben dokumentáltuk.
- 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 kutatás *összegzett eredményeit* az alábbi indikátorok mutatják be:

- A részt vevő kutatók 12 hazai és külföldi konferencián 35 előadást tartottak, 79 folyóiratcikket (magyar, angol és szlovák nyelvű) írtak.
- 5 tanulmányt és 1 TDK-dolgozatot készítettek.
- 2 záró tanulmányban összegeztük a kutatás eredményeit: *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).
- 3 PhD-értekezést védtek meg sikeresen a kutatók a vizsgált témában.
- A kutatásban 7 minősített és 10 nem minősített oktató, kutató, további 3 doktoranduszhallgató és 3 egyéb szakértő (köztük 1 BSc-hallgató), valamint 9 külföldi szaktekintély vett részt.<sup>591</sup>

<sup>591</sup> A 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 indikátorigazolása alapján.



## 5. A katonai robbantástechnika és a környezetvédelem

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 követelménye miatt – egyáltalán nem fordítunk figyelmet a környezetkímélő technikák, technológiák alkalmazására. Jelenleg is érvényben lévő *Robbantási utasításunk* egy támadó doktrínával rendelkező koalíció, a Varsói Szerződés idején készült. A benne foglalt szabályokat is ennek szellemében fogalmazták meg. Megismerkedve a polgári robbantástechnika elméletével és gyakorlatával, úgy láttam, hogy a mai viszonyok között a katonai robbantási feladatok egy részénél több ponton is lehetőség nyílna az ott alkalmazott eljárások, robbanóanyagok adaptálására.

1995-ös kandidátusi disszertáciomban, a kísérleti robbantások eredményeire alapozva, már éltem erre vonatkozó javaslatokkal. 1997-ben egy kísérleti jellegű robbantási jegyzetet írtam a Nemzetvédelmi Egyetemen ebben a témában, a Környezetgazdálkodási oktatás fejlesztéséért Alapítvány támogatásával.<sup>592</sup> Munkámat tovább folytattam és folytatom azóta is, kísérleti és bemutató robbantásokat szervezve, több cikket írva, konferenciákon előadásokat tartva abban a reményben, hogy felhívom rá az arra illetékesek figyelmét: a katonai robbantások is végrehajthatók a jelenlegi szabályokban foglaltaknál környezetkímélőbb módon. Ehhez viszont meg kell újítanunk robbantási szabályzatunkat. Ennek hiányában ugyanis nem alkalmazható egyetlen új robbanóanyag, robbantási technológia sem, hiába van szó bevált, az ipari robbantástechnikában elfogadott és szabályos anyagról, eljárásról.

A fejezetben a környezet védelmével kapcsolatos polgári és katonai szabályozás legfontosabb kérdéseit tekintjük át, majd bemutatunk néhány területet, melyek a katonai robbantási feladatok jelenleginél környezetkímélőbb végrehajtását segíthetik elő.

A Magyar Honvédség elkötelezett abban, hogy feladatai maradéktalan teljesítése mellett is megfeleljen a jelenkor környezetvédelmi elvárásainak. A Honvédelmi Minisztérium Infrastrukturális Ügynökség által 2008-ban készített oktatási anyag<sup>593</sup> bevezetőjéből idézzük az alábbiakat.

*„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 törekszenek 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 uniós 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>592</sup> Lukács László: *Katonai robbantástechnika és környezetvédelem – jegyzet a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem műszaki hallgatói számára.* ZMNE, Hadtudományi Kar, Műszaki hadműveleti-harcászati tanszék, Budapest, 1997. Ez egyben a szerző által hirdetett Katonai környezetvédelem tantárgy tananyaga is lett az Építőmérnöki szakos (főiskolai) műszaki tisztképzésben.

<sup>593</sup> *Honvédelmi környezetvédelem – Képzési szakanyag a környezetvédelmi szakelődői képzéshez.* Honvédelmi Minisztérium Infrastrukturális Ügynökség, Budapest, 2008.



## 5.1. Polgári és katonai környezetvédelmi szabályozás

„A környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény (a továbbiakban: Kvt.) alapján a katonai szervezetek az alaprendeltetési feladataik végrehajtása során környezethasználati tevékenységet végeznek. Ennek következtében a Kvt.-ben és a hozzá kapcsolódó jogszabályokban foglalt kötelezettségek teljesítése a katonai szervezetek feladata. Ehhez párosul az, hogy a Magyar Köztársaság NATO-tagságából eredő béketámogató és válságreagáló feladatok során teljesíteni kell a NATO katonai környezetvédelmi előírásait is.”<sup>594</sup>

A következőkben – mindenekelőtt – röviden tekintünk át a katonai szektor környezetvédelmi feladatait szabályozó legfontosabb dokumentumokat.

### 5.1.1. Az 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól

Az alponban a törvény legfontosabb, a katonai környezetvédelem szempontjából leglényegesebb elemeit mutatjuk be.<sup>595</sup>

*A törvény hatálya kiterjed:*

- a) az élő szervezetek és a környezet élettelen elemei, valamint azok természetes és az emberi tevékenység által alakított környezetére;
- b) az e törvényben meghatározottak szerint a környezetet igénybe vevő, terhelő, veszélyeztető, illetőleg szennyező tevékenységre.

*A környezethasználatot úgy kell megszervezni és végezni, hogy:*

- a) a legkisebb mértékű környezetterhelést és igénybevételt idézze elő;
- b) megelőzze a környezetszennyezést;
- c) kizárja a környeztkárosítást.

*A környezeti elemek egységes védelme:*

- a) Minden környezeti elemet önmagában, a többi környezeti elemmel alkotott egységében és az egymással való kölcsönhatás figyelembevételével kell védeni.
- b) A környezeti elemek védelme egyaránt jelenti azok minőségének, mennyiségének és készleteinek, valamint az elemeken belüli arányok és folyamatok védelmét.

*A föld védelme:*

- a) A föld védelme kiterjed a föld felszínére és a felszín alatti rétegeire, a talajra, a kőzetekre és az ásványokra. A föld védelme magában foglalja a talaj termőképessége, szerkezete, víz- és levegőháztartása, valamint élővilága védelmét is.
- b) A föld felszínén vagy a földben olyan tevékenységek folytathatók, ott olyan anyagok helyezhetők el, amelyek a föld mennyiségét, minőségét és folyamatait, a környezeti elemeket nem szennyezik, károsítják.

*A víz védelme:*

A víz védelme kiterjed a felszíni és a felszín alatti vizekre, azok készleteire, minőségére és mennyiségére, a felszíni vizek medrére és partjára, a víztartó képződményekre.

*A levegő védelme:*

A levegő védelme kiterjed a légkör egészségére, annak folyamataira és összetételére, valamint a klímára. A levegőt védeni kell minden olyan mesterséges hatástól, amely azt vagy közvetítésével más környezeti elemet sugárzó, folyékony, légnemű, szilárd anyaggal minőségét veszélyeztető vagy egészséget károsító módon terheli. A tevékenységek tervezésénél, megvalósításánál, folytatásánál törekedni kell arra, hogy a légszennyező anyagok kibocsátása a lehető legkisebb mértékű legyen.

*Az épített környezet védelme:*

Az épített környezet védelme kiterjed a településekre, az egyedi építményekre és műszaki létesítményekre.

<sup>594</sup> Uo.

<sup>595</sup> Az egyes pontokon belül – a legfontosabb keretszabályok mellett – főleg a katonai robbantástechnika szempontjából legfontosabb bekezdéseket és szakaszokat emeltük ki, azért tűnik hiányosnak bizonyos helyeken a felsorolás.

*Veszélyes anyagok és technológiák:*

- a) A veszélyes anyagok károsító hatása elleni védelem kiterjed minden olyan természetes, illetve mesterséges anyagra, amelyet a környezethasználó tevékenysége során felhasznál, előállít vagy forgalmaz, és amelynek minősége, mennyisége robbanás- és tűzveszélyes, radioaktív, mérgező, ingerlő hatású, illetőleg más anyaggal kölcsönhatásba kerülve ilyen hatást előidézhet.
- b) A veszélyes anyagok kezelésekor, felhasználásakor – beleértve kitermelésüket, raktározásukat, szállításukat, gyártásukat és alkalmazásukat –, továbbá veszélyes technológiák alkalmazásakor olyan védelmi, biztonsági intézkedéseket kell tenni, amelyek a környezet veszélyeztetésének kockázatát jogszabályban meghatározott mértékűre csökkentik vagy kizárják.

*Zaj és rezgés:*

A környezeti zaj és a rezgés elleni védelem kiterjed mindazon mesterségesen keltett energia kibocsátásokra, amelyek kellemetlen, zavaró, veszélyeztető vagy károsító hang-, illetve rezgésterhelést okozhatnak. A zaj és a rezgés elleni védelem keretében műszaki, szervezési módszerekkel kell megoldani:

- a) a zaj- és a rezgésforrások zajkibocsátásának, illetve rezgésfejlesztésének csökkentését;
- b) a zaj- és rezgésterhelés növekedésének mérséklését vagy megakadályozását.

*A környezet védelmét szolgáló állami tevékenység:*

- a) A környezetvédelmi követelmények érvényesítése az állam más irányú feladatai ellátása során.
- b) A környezetvédelem kutatási, műszaki-fejlesztési, nevelési-kiképzési és művelődési, tájékoztatási, valamint a környezetvédelmi termék- és technológiaminősítési feladatok meghatározása és ellátásuk biztosítása.
- c) A környezetvédelem gazdasági-pénzügyi alapjainak biztosítása.

*A kormány környezetvédelmi tevékenysége:*

Irányítja az állami környezetvédelmi feladatok végrehajtását, meghatározza és összehangolja a minisztériumok és a kormánynak közvetlenül alárendelt szervek környezetvédelmi tevékenységét.

*A kormány környezetvédelmi feladata különösen:*

- a) A környezetvédelem követelményeinek megfelelő környezetkímélő vagy környezetbarát termékek előállításának, technológiák, létesítmények megvalósításának, elterjedésének elősegítése.
- b) A jelentős környezetkárosodások, illetve a rendkívüli környezeti események (beleértve a Magyarország területén folytatott hadgyakorlatot is) következményeinek felszámolása, ha a kötelezettség másra nem hárítható.

*Környezetvédelmi kutatás, műszaki fejlesztés:*

A környezetvédelmi feladatok megoldását a tudomány és technika fejlesztésével, a tudományos kutatómunka és a műszaki fejlesztés szervezésével, továbbá a hazai és a nemzetközi kutatások eredményeinek elterjesztésével, valamint gyakorlati alkalmazásával is elő kell segíteni.

*Környezeti nevelés, képzés, művelődés:*

A környezeti oktatásnak és ismeretterjesztésnek az alapvető komplex ismereteken túl a szakmák gyakorlásához szükséges környezetvédelmi ismeretekre, a környezetet veszélyeztető tevékenységekre, a veszélyhelyzet megelőzésének és elhárításának alapvető kérdéseire, az egészséget befolyásoló környezeti hatásokra, továbbá a környezet védelmével kapcsolatos állampolgári jogok és kötelezettségek ismertetésére is ki kell terjednie.

### **5.1.2. Környezetvédelmi irányelvek a katonai szektor számára**

A HM Regionális Katonai Környezetbiztonsági Központ 1996-ban jelentette meg a *Katonai Környezetvédelmi Füzetek* 1. számát. A füzet az *Environmental Guidelines for the Military Sector* című svéd–amerikai útmutató magyar fordítása, melyet a két ország védelmi minisztériumainak környezetvédelmi szakértői készítettek a NATO CCMS (Modern Társadalom Kihívásai Bizottság) támogatásával.

Az irányelvek megfogalmazása során az a cél vezérelte az alkotókat, hogy segítséget, módszertani útmutatást nyújtsanak 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 alponban e kiadvány legfontosabb részeit idézzük.

1992 júniusában, Rio de Janeiróban tanácskozott a *Környezetről és a Fejlődésről szóló ENSZ-konferencia*,<sup>596</sup> és többek között az elfogadott 21-es napirendben rögzítette a nemzeti akciók és a nemzetközi együttműködés átfogó munkatervét a globális környezetvédelem terén, a XXI. századra vonatkozóan. A fontosabb előírások között szerepelt többek között az is: a kormányoknak biztosítaniuk kell, hogy a katonai szektor is alkalmazkodjon a nemzeti környezetvédelmi szabványokhoz.

1993 májusában az Egyesült Nemzetek Környezetvédelmi Programjának (UNEP) kormányzó tanácsa kiadta a 17/5. számú, *Környezeti normák alkalmazása katonai intézményekre* című határozatát, amelyet 1995-ben megerősítettek. Ebben arra ösztönzik a kormányokat, hogy dolgozzanak ki nemzeti környezetvédelmi politikát a katonai szektor számára. Az UNEP főigazgatóját felkérték, hogy gyűjtsön információkat arról:

- Hogyan tartják be a katonai létesítmények a megfelelő nemzeti szabványokat a veszélyes hulladékok kezelése és elhelyezése terén.
- Miképpen járul hozzá a katonai szektor a nemzeti környezeti politikához.
- Milyen károkat okoznak a katonai tevékenységek, és melyek a károsult térségek megtisztításának és helyreállításának lehetőségei.

1995 júniusában kormányközi értekezletet tartottak a katonai tevékenységek környezetre gyakorolt hatásáról az UNEP kezdeményezésére, az Európai Gazdasági Bizottsággal (ECE) együttműködésben, Linköpingben. A résztvevők által elfogadott *Linköpingi Dokumentum* ajánlásokat fogalmaz meg a környezetre ható jövőbeni katonai tevékenységről.

A NATO 1969-ben bizottságot hozott létre a modern társadalommal szembeni kihívások vizsgálatára.<sup>597</sup> A bizottság a környezeti problémák megoldására mozgósította az egyes országok szakembereit. Munkájában részt vettek az Észak-atlanti Együttműködési Tanácsban (NACC) és a Partnerség a Békéért (PfP) programban szerepet vállaló partnerországok (így Magyarország) is.

A bizottság az alábbiakban bemutatandó ajánlásokat tette.

#### 5.1.2.1. A katonai szektor és a környezet közötti összefüggések

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 katonai szektor sajátos helyzetben van ahhoz, hogy az egész országban befolyásolja a környezeti tevékenységet.

Nagy kiterjedésű térségek vannak a kezelésében a gyakorlatokhoz és a kiképzéshez, így a katonai szektor példát mutathat a bölcs ökológiai gyakorlatra, és bizonyos körülmények között ösztönzője lehet a regionális területgazdálkodási programoknak.

Sok országban a helyi lakosság támogatásától függ, hogy a katonai szektor használhat-e valamely létesítményt, gyakorlóteret vagy löteret. Ha a katonai szektor környezetileg felelős módon viselkedik, a helyi lakosság inkább elfogadja a zajt, a teszteléssel és a kiképzéssel járó egyéb kellemetlenségeket. Ugyanez viszont megfordítva is igaz: ha úgy találja, hogy a katonai szektor felelőtlen magatartást tanúsít, akkor a helyi lakosság megpróbálhat nyomást gyakorolni a kormányzati tisztségviselőkre és a törvényhozásra, hogy korlátozzák vagy akár állítsák le az adott területen a katonai tevékenységet.

#### 5.1.2.2. A kormányzat felelőssége

A kormány és a törvényhozás felelős a környezetvédelemre vonatkozó nemzeti politikák és törvények kidolgozásáért. E politikáknak és törvényeknek nemzeti szükségleteket kell kielégíteniük, de kidolgozásuk során figyelembe kell venni az olyan szervezetek javaslatait és kötelezettségeit, mint az ENSZ és a NATO (tagállamok esetén). Ezenkívül ugyancsak szükséges a kérdéssel kapcsolatos egyéb nemzetközi szerződésekben és konvenciókban foglaltak beépítése a törvénybe (például a Montreali Jegyzőkönyv és a Bázeli Konvenció).

<sup>596</sup> United Nations' Conference on Environment and Development.

<sup>597</sup> Committee on the Challenges of Modern Society, NATO CCMS.

A kormánynek kötelessége továbbá világos irányelveket szabni a katonai szektor számára, hogy az miként támogassa a környezetvédelmi célokat és stratégiákat. Legtöbbször elvárják, hogy a katonai szektor ugyanúgy viselkedjék, mint bármely más szektor. Ez alól akkor lehet kivételt tenni, ha például valamely új környezetvédelmi követelmény komolyan akadályozná a fegyveres erők képességét az elsődleges feladatuk végrehajtásában, vagy veszélyeztetné a titkosságot. A kormányzatnak ilyen esetben egyensúlyt kell teremtenie a katonai szektor (valójában az ország) érdekei és a környezetvédelem érdekei között.

A környezetvédelmi célok és stratégiák meghatározása után a kormánynek fel kell készülnie a katonai szektor ama költségvetési (plusz) igényeinek kielégítésére, mely ezek megvalósítását szolgálja. A kormánynek kell meghatároznia a költségvetés készítésének azon eljárásait is, amelyek lehetővé teszik a környezetvédelmi célú katonai igények áttekintését.

### 5.1.2.3. A katonai szektor felelőssége

A katonai szektor számára *világosan meghatározott, sajátos környezetvédelmi célokat kell kitűzni*, melyek illeszkednek a sajátos katonai tevékenységekhez, ugyanakkor figyelembe veszik az országban elfogadott környezetvédelmi törvény előírásait is. Ezt követően kidolgozhatók a célok megvalósítását szolgáló módszerek és stratégiák, melyek viszont a költségvetési tervezés alapját jelentik.

A környezetvédelmi program kidolgozásához és végrehajtásához *megfelelő segédleteket kell készíteni*, melyek útmutatóul szolgálnak a végrehajtó állomány számára.

A program sikere a megfelelően kiképzett személyi állománytól függ, ezért olyan környezetvédelmi oktatási és képzési program kialakítására van szükség, mely a fegyveres erők minden szintjét (a rá vonatkozó mértékben) érinti. Az általános képzésen kívül feltétlenül szükséges *az egyes szakágakon belül jelentkező* szakmai feladatok végrehajtása során adódó környezeti problémák elhárítására történő felkészítés is.

Külön feladat *a hivatásos állomány környezetvédelmi oktatása, melyet képzési rendszerükbe kell illeszteni*. Csak akkor várhatjuk el tisztjeinktől és tiszthelyetteseinktől, hogy környezetvédelmi ügyekben vezető szerepet játszanak, ha megértik e kérdések fontosságát, valamint megtanulják a károkozás elkerülését biztosító módszerek és eljárások alkalmazását.

Új feladatként jelentkezik *a honvédségi kutatóhelyeken dolgozó szakemberek számára olyan alternatív anyagok és eljárások keresése*, melyek képesek az eddig alkalmazottaknál kisebb környezeti károk mellett kielégíteni a sajátos katonai igényeket.

A katonai szektor tevékenysége néha ütközik az ország környezetvédelmi céljaival. Az ilyen tevékenységeknek biztosítaniuk kell, hogy a fegyveres erő kellőképpen felszerelt és kiképzett legyen bármely lehetséges támadó elrettentésére. Mivel az ország szuverenitásának védelme elsődleges fontosságú, és mert a tényleges konfliktus sokkal nagyobb környezeti károsodást okozna, mint a legintenzívebb kiképzés, el kell fogadni a kiképzés egynémely negatív környezeti következményeit.

A harcászultság fenntartásának szükségessége és a környezetvédelem követelményei között egyensúlyt kell teremteni. Ha a katonai kiképzést a környezetvédelmi előírások teljes mellőzésével hajtánák végre, akkor az ország sok értékes erőforrása menne veszendőbe. Emellett a kiképzés minősége is fokozatosan romlana, mert a gyakorlóterek előbb vagy utóbb nem hasonlítanának többé arra a terepre, ahol a tényleges harc folya. Ugyanakkor ha a környezet feltétlen oltalmazása válna a döntő szemponttá, akkor korlátozódnának a fegyveres erők kiképzési lehetőségei. Következésképp veszélybe kerülne a fegyveres erőknek az a képessége, hogy alaprendeltetésüknek – az ország szuverenitása megvédésének – megfeleljenek. Mivel a két szélsőség közül egyik sem fogadható el, nyilvánvaló, hogy *a honvédségnek szorosan együtt kell működnie a környezetvédelmi szakértőkkel* azoknak a módszereknek a meghatározásában, amelyek leginkább megfelelnek az ország általános érdekeinek.

### 5.1.3. A Magyar Honvédség Környezetvédelmi Doktrínája

A *Honvédségi Közlöny* CXLII. évfolyam 10. számában (2015. november 6.) jelent meg a Honvéd Vezérkar főnökének 260/2015 (HK. 10.) HVKF szakutasítása a Környezetvédelmi Doktrína 1. kiadásáról. Az Ált/218. jelzésű szakutasítás „Nem nyilvános” minősítésű, ezért az abban foglaltak bemutatásától el kell tekintenünk. Azt azonban leszögezhetjük, hogy az új szabályozásban foglaltak elveikben nem térnek el a fentiekben tárgyaltaktól.

## 5.2. Környezetkímélő katonai robbantások

A honvédségi kutatóhelyek szakemberei számára feladatul szabott környezetkímélő alternatív anyagok és eljárások keresésének szellemében ebben az alfejezetben megvizsgáljuk, milyen robbanóanyagok alkalmazásával, illetve robbantási eljárások előtérbe helyezésével csökkenthető a katonai robbantások környezeti hatása, különös tekintettel a fent vázolt, megváltozott katonapolitikai helyzetre.

Véleményem szerint szakítani kell az eddigi szemlélettel, mely csak és kimondottan a háborús alkalmazás feltételeiből indult ki: a békekiképzés, a válságkezelés, valamint a béketeremtő missziókban való részvétel során jelentkező feladatok sokkal árnyaltabb megközelítést igényelnek. Az új feladatokhoz viszont új rendszerű kiképzésnek is párosulnia kell, mely felkészíti erre a végrehajtó állományt.

Mint látni fogjuk, egyáltalán nem igényelne hatalmas beruházásokat és jelentősen több időt a katonai robbantások ilyen – egyben a környezetvédelmet is szem előtt tartó – végrehajtása. Ugyanakkor hangsúlyozni kell, hogy a harci alkalmazás során alapvetően változnak a körülmények, és ebben az esetben a fegyveres erő alaprendeltetés szerinti feladatának feltétlen végrehajtása kap elsődleges prioritást: az ország szuverenitásának és területi integritásának megvédése. Ekkor a fő és kizárólagos szempont a gyors, hatékony és sikeres feladat-végrehajtás, melynek során az esetek döntő többségében nincs lehetőség a környezetvédelmi szempontok mérlegelésére.

### 5.2.1. Ipari robbanóanyagok alkalmazási lehetőségei a katonai feladatok végzése során<sup>598</sup>

Mint az előző fejezetekben láthattuk, a honvédségi szervezetek alapműködésének biztosításához elengedhetetlenül szükségesek a robbanóanyagok. A 2. számú ábrán bemutattuk, hogy e robbanóanyagoknak olyan speciális követelményeknek is meg kell felelniük, melyek például az ipari felhasználású robbanóanyagoknál nem feltétlen elvárások. Ezek közül eddig a legfontosabbaknak a megfelelően magas brizanciát és munkavégző képességet, a hosszú idejű fizikai és kémiai stabilitást (legalább tízéves tárolhatósági időt), a vízhatlanságot, a külső hőmérsékleti viszonyoktól független működőképességet és a fizikai behatásokkal szembeni érzéketlenséget tartottuk.

A honvédség robbanóanyag-szükséglete két nagy területre bontható:

- Gyári szerelésű robbanótestek töltetként felhasználandó robbanóanyagok (tüzérségi lőszer, légi bombák, kézigránátok, műszaki aknák stb.), melyek a teljes mennyiség nagyobb részét teszik ki.
- A harctevékenységek közvetlen előkészítése és megvívása során, elsősorban műszaki támogatási feladatok végzéséhez alkalmazandó, ún. utász robbanóanyagok.

A gyári szerelésű robbanótestek robbanóanyagául legalább közepes hatóerejű brizáns robbanóanyag szükséges, ezen belül is világszerte a legelterjedtebb a trotil (önállóan vagy más robbanóanyagokkal keverve, pl. hexotol, pentritol, amatol stb.).<sup>599</sup>

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, melyek jellegüket tekintve más-más robbanóanyagot igényelnek:

- a szerkezeti elemek robbantásához és az építményrombolások végrehajtásához ugyanolyan robbanóanyag szükséges, mint a gyári szerelésű töltetekhez;
- a földrobbantási feladatok végzéséhez sokkal eredményesebben használhatók az alacsony hatóerejű brizáns robbanóanyagok, melyek munkavégző képessége (jelentős fajlagos gáztérfogatukból adódó toló hatásuk következtében) felülmúlja például a trotilét.

#### 5.2.1.1. A Magyar Honvédség robbanóanyag-ellátásának jelenlegi helyzete

A Magyar Honvédség teljesen megváltozott körülmények közé került a rendszerváltást követően, mely kihatással volt és van a robbanóanyagokkal való ellátás területére is. Az ország védelméhez szükséges készleteket (így

<sup>598</sup> A kutatás első eredményeit bemutató, *Az MH robbanóanyaggal való ellátottságának helyzete és egy új robbanóanyag alkalmazásának lehetősége a MH műszaki csapatainál* című pályamunkám az MHTT Műszaki szakosztályának pályázatán a MH műszaki szemléltője különdíját nyerte el 1994-ben. *Műszaki Katonai Közöny*, 1995/1–2. szám, 73–108., valamint 1995/3. szám, 23–46.

<sup>599</sup> Azok a hadseregek, ahol a költségvetési támogatás ezt lehetővé teszi, egyre elterjedtebben alkalmaznak hexogén tölteteket is. Ennek ára miatt kevésbé várható hasonló préstestek megjelenése a Magyar Honvédségnél, bár az azóta megszűnt Mechanikai Művek Speciális Gyáregysége már az 1990-es évek közepén készen állt ezek előállítására.

a gyárilag szerelt robbanótesteket és az utász robbanóanyagokat is) saját erőforrásból kellett biztosítani, illetve az elhasználódás (fizikai és morális) ütemében pótolni, mely komoly nehézségekbe ütközött és ütközik, mert:

- nem rendelkezünk megfelelő mennyiségű hazai gyártású alapanyaggal a fent említett közepes és magas hatóerejű brizáns robbanóanyagok előállításához, konfliktushelyzet esetén viszont a külső beszerzés bizonytalan, sőt akár lehetetlen lehet;
- felszámolták azt az üzemet, mely nagyobb mennyiségű trotil hazai gyártására alkalmas volt (Sajóbáony), az akkor még meglévő robbanóanyaggyáraink pedig ipari robbanóanyagok gyártására szakosodtak;
- felszámolták az egyedüli, katonai robbanótesteket és lőszerket gyártó üzemet, a Mechanikai Művek Speciális Gyáregységét.

A fenti problémák kezelésének többféle lehetősége is elképzelhető. 1932-ben, a *Magyar Katonai Szemle* 6. füzetében megjelent egy tanulmány *Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok*<sup>600</sup> címmel (lásd még 1.4. alfejezet). Ebben a szerző a honvédség akkori robbanóanyag-ellátottságát értékelve megállapítja, hogy a robbanóanyag-szükséglet fedezéséhez „a segítséget minden állam elsősorban az iparának technikai fejlettségétől és az országban lévő nyersanyag helyzetétől várja, mert szem előtt tartja azon tény, hogy a külföldről importált mennyiség aranyba és az esetlegesen késedelmesen beérkező mennyiségek súlyos véráldozatokba is kerülnek. A nyersanyag-helyzet mindig korlátozott, tehát a technika feladatát képezi az adott nyersanyagokkal a szükséges mennyiségeket mégis előteremteni.”<sup>601</sup> Ezért a szerző, az ország robbanóanyag-gyártáshoz szükséges nyersanyagainak lehetőségeit elemezve, javaslatot tesz a szabványos és a pótrobbanóanyag fogalmának bevezetésére az alábbiak szerint:

- „Szabványos robbanóanyagoknak nevezzük azokat a készítményeket, melyekkel a lövedékeket béke idején töltjük, s melyek tulajdonságaikkal ideálisan alkalmazkodnak a békebeli katonai követelményekhez (hatás, állandóság, lövésbiztonság, könnyű gyártás és egyszerű szerelés), azonban csak többé-kevésbé a tömeggyártási lehetőségekhez.”
- „A pót-robbanóanyagok legfontosabb tulajdonságának a belföldi tömeggyártási lehetőségét írják elő s az egyéb katonai követelményeknél esetleg engedményeket.”<sup>602</sup>

Ezek után a szerző részletesen elemzi a hazai gyártású ipari robbanóanyagok katonai felhasználás szempontjából előnyös és hátrányos tulajdonságait, javaslatokat téve esetleges pótrobbanóanyagként való felhasználásuk lehetőségeire.

Az alfejezet elején röviden összefoglaltam a hazai robbanóanyag-gyártás jelenlegi helyzetét, bizonyítva, hogy a Magyar Honvédség szabványos robbanóanyagát, a trotilt csak külső forrásból tudjuk beszerezni. Ugyanakkor azt is bemutattuk, hogy a műszaki támogatási feladatokhoz szükséges robbanóanyag(ok) esetén a legnagyobb mennyiséget a földrobbantási munkáknál felhasználandó mennyiség jelenti. Vajon kiváltható-e a trotil ezeknél a feladatoknál más, hazai gyártású ipari robbanóanyaggal, nevezve azt akár pótrobbanóanyagnak? Ha igen, ez támogatja-e azon törekvésünket is, hogy a katonai robbantási feladatokat az eddiginél környezetkímélőbb módon tudjuk végrehajtani? A továbbiakban ennek járunk utána.

### 5.2.1.2. Ammónium-nitrát alapú ipari robbanóanyagok a korábbi hazai, valamint a külföldi katonai gyakorlatban

Megvizsgálva és a várható feladatok alapján elemezve a Magyarországon jelenleg gyártott és forgalmazott ipari robbanóanyagok főbb jellemzőit, arra a következtetésre juthatunk, hogy a kimondottan nagy mennyiségű robbanóanyag alkalmazását megkövetelő földrobbantási feladatok végzéséhez a toló hatású, nagy gázfejlesztő képességű ipari robbanóanyagok legalább olyan eredményességgel felhasználhatók lennének, mint a jelenlegi egyetlen szabványos robbanóanyagunk, a trotil. A legtöbb ilyen ipari robbanóanyagnál alapvetően a honvédségi követelmények szerinti, „minden időben, minden körülmények között” történő felhasználhatóság igénye jelenti a fő gondot.

Az ipari robbanóanyagok leggyakoribb alkotóeleme az ammónium-nitrát, egyrészt olcsósága, másrészt (belső töltetként alkalmazva) kiváló munkavégző képessége miatt. A korábbi nevén „ammon-salétromos”

<sup>600</sup> H. T. I.: *Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok* – a Haditechnikai tájékoztató sorozat 17. közleménye. *Magyar Katonai Szemle*, 6. füzet, Budapest, 1932, 123–134.

<sup>601</sup> *Uo.*, 126.

<sup>602</sup> *Uo.*, 126–127.

robbanóanyagok katonai alkalmazásának lehetőségét már az 1928-as *Műszaki oktatás*<sup>603</sup> is felvetette mint egy nitroglicerinnel vagy trotilal keverve eredményesen használható (bár nem rendszeresített) anyagét. Hátrányaként említette viszont nagy nedvszívó képességét, melynek következtében robbanási tulajdonságait elveszíti.

Az 5.2.1.1. alfejezetben részletesebben bemutatott 1932-es tanulmány<sup>604</sup> is mint a hazánk esetében leginkább szóba jöhető pótrobbanóanyagot említi az ammonosalétromos robbanóanyagot, ugyancsak hátrányaként említve nedvszívó képességét és nehéz iniciálhatóságát. Ez utóbbin trotil hozzáadásával lehet segíteni (ezáltal növelve egyben romboló hatását is), sőt, az így kapott keverék a szerző szerint már lövedékekbe is önthető, amire az I. világháború során volt is példa (például egy guanidin-nitrát nevű robbanóanyag esetén).

Az 1950-es *Ideiglenes robbantási utasítás*<sup>605</sup> egyértelműen katonai felhasználásra alkalmas robbanóanyagnak tartja az ammonosalétromos robbanóanyagot, különösen „föld- vagy sziklarobbantásnál kamrákban, furatokban és fűrt lyukakban alkalmazva”, ahol „romboló hatása nagyobb, ellenben brizáns (zúzó) hatása kisebb, mint a trotilé”. Emellett abban az időben szóróaknákat, gyalogsági és harcokosiaknákat is töltöttek velük. Az utasítás tízféle ammon-salétromos robbanóanyagot mutat be (lásd az 1.4. alpontot), közös hátrányos tulajdonságuként említve viszont higroszkóposágukat, összeállásra való hajlamukat és csomósodásukat.

Az 1965-ös *Robbantási utasítás*<sup>606</sup> szintén tárgyalja az „ammóniumsalétromos” robbanóanyagokat, hangsúlyozva azonban, hogy ezek közül „a csapatoknál csak azokat az ammonitokat használjuk, melyek 20-25 % trotilt tartalmaznak (a korábbi terminológia szerint ezeket amatoloknak nevezték)”. Az ammonitokat elsősorban földrobbantási munkákhoz ajánlja, de alkalmazhatók harcokosiaknáknak és különböző rombolóaknáknak tölteteként is. Hátrányos tulajdonságait itt is hangsúlyozzák, úgymint: rövid idejű tárolhatóság, nedvességgel szembeni érzékenység (3% nedvességtartalom felett robbanási tulajdonságukat elveszítik), összeállásra való hajlam, fémekkel szembeni agresszív reagálás („ha a gyutacsok egy napnál tovább vannak benn az ammonitokban, fémhüvelyek korrodeálódnak és tönkremennek”). Az utasítás 1. számú melléklete ismerteti a „népgazdaságban használatos robbanóanyagokat”, melyek között 17-féle (szovjet) ammonosalétromos robbanóanyagot is bemutat.

A konkrét robbantási tervezésben úgy rendelkezik az 1965-ös utasítás, hogy talajrobbantásnál, alacsony hatóerejű robbanóanyag alkalmazása esetén 20%-kal növelendő a 'K' talajtényező értéke.

Az 1971-es *Robbantási utasítás*<sup>607</sup> szintén említi az ammonosalétromos robbanóanyagokat (hasonló kitételekkel, mint az 1965-ös), de konkrét katonai felhasználásukról nem rendelkezik. Ugyanakkor a földrobbantással foglalkozó V. fejezet 157. pontjában a 'K' talajtényező értékét ammonitok esetén 1,2-del, ammóniumsalétrom esetén 1,8-del rendeli szorozni. A 2. számú mellékletben szintén bemutatja a „népgazdaságban használt ipari robbanóanyagokat”, de itt már hazai gyártásúakat tárgyal, köztük a PAXIT-ot, a PAXIT III-at és a PAXIT IV-et.<sup>608</sup>

Az amerikai hadsereg *Explosives and demolitions* (Robbanóanyagok és robbantások) című robbantási kézikönyve szerint is „a földrobbantási feladatokhoz az ammónium-nitrát alapanyagú robbanóanyagok a legalkalmasabbak, más jellegűt csak szükség szerint célszerű használni”.<sup>609</sup> Bemutatja a 40 fontos ammónium-nitrát robbanótestet, melyet elsődleges alkalmazása, azaz árkok, gödrök robbantása mellett eredményesen lehet felhasználni épületek, erődítési építmények és hídpillérek rombolására is. Kiemeli olcsóságát, de egyben figyelmeztet arra, hogy nedves viszonyok között nem használható.

A brit *Katonai Műszaki Kézikönyv* 4. kötete, a *Robbantások* kiadvány szerint a műszaki csapatok alkalmazzák az ANDO robbanóanyagot út- és repülőter-építés során, ugyanakkor nem javasolják harcosszerű műszaki feladatokhoz.<sup>610</sup>

Tovább tallózva a külföldi katonai tapasztalatok között, a *NATO robbantási szakemberei az 1970-es évek elején kísérleteket végeztek*, melyek során földrobbantási feladatoknál összevetették a trotilt, a C-4 plasztikus katonai robbanóanyagot, továbbá a hagyományos, ammónium-nitrát alapanyagú ipari robbanóanyagokat, robbanózagyokat és emulziós robbanóanyagokat. A próbarobbantások tapasztalatai a következő eredményeket hozták:

<sup>603</sup> E.-34 (Műsz. okt. műsz.) *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára*, 2. Füzet – *Robbantások. I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928.

<sup>604</sup> H. T. I.: *Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok* – a Haditechnikai tájékoztató sorozat 17. közleménye. *Magyar Katonai Szemle*, 6. füzet, Budapest, 1932., 123–134.

<sup>605</sup> E.-mű. I. *Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950, 12. és 23.

<sup>606</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965, 15–17.

<sup>607</sup> *Mű/213. Robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971.

<sup>608</sup> 1995-ös kandidátusi disszertációmban még vizsgáltam a hazai gyártású PAXIT robbanóanyag alkalmazhatóságát a katonai földrobbantási feladatok végzése során, de azóta a peremartoni, korábbi Ipari Robbanó Kft., majd MAXAM Magyarország Kft. megszüntette a gyártást, így okafogyottá vált a további elemzés.

<sup>609</sup> *FM 5-250 Explosives and Demolitions*. Headquarters, Department of the Army, Washington, DC, 15 June 1992, 1–8.

<sup>610</sup> *Military Engineering*. Volume II., Field Engineering, Pamphlet No. 4, Demolitions. Ministry of Defence, UK, 1988., Annex O.

- Az árkok és tölcserék 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 terjedelmében kitöltötték a fűrt lyukakat és aknakamrákat, közvetlenül azok falához simulva, ezáltal – valamint az erősebb brizáns hatású robbanóanyagokéhoz képest nagyobb munkavégző képességük következtében – csökkent a robbanóanyag-felhasználás.<sup>611</sup>

Mindezek fényében a hazai robbanóanyag-gyártók és -forgalmazók által kínált ipari robbanóanyagokból kiválaszthatók azok az ammónium-nitrát bázisú, elsősorban emulziós robbanóanyagok, melyek katonai alkalmazhatóságát érdemes megvizsgálni. A vizsgálatot, a fent bemutatott 1932-es tanulmányban foglaltak logikáját követve, a Magyar Honvédségnél alkalmazható szabvány-, pót- és – kiegészítve – szükség-robbanóanyagok szerinti kategóriáknak megfelelően végezzük el az egyes robbanóanyagokra.

### 5.2.1.3. Az ANDO katonai alkalmazhatóságának vizsgálata

Mint ahogy ezt már korábban bemutattuk, az ipari robbanóanyagok fejlődésének három fő szakaszát figyelhetjük meg a II. világháborút követően. Az első szakasz az ANDO megjelenésével kezdődött. Az ANDO legalább 88% ammónium-nitrátot tartalmazó, dízelolajjal vagy égőolajjal érzékenyített robbanóanyag. A hazai ANDO-k döntően gyutacsérzékeny (iniciálásuk korábban legalább 100 g-os PAXIT-tölténnyel történt, de például az ANDO-Ex csak 200 g-os TNT-présteffel volt indítható), nem vízálló, legalább 1000 m/s detonációsebességű, a gyártástól számított 3 hónap szavatosságú, alacsony hatóerejű robbanóanyagok. Előállításuk történhet üzemi körülmények között (töltényezve 1,0–2,5 kg tömegben, különböző, de legalább 60 mm-es átmérővel; vagy ömlesztve, 25 kg-os zsákokban), de akár helyszíni keveréssel (kézi vagy gépi) is. A viszonylag kis teljesítményű helyszíni bekeverésre korábban már mutattunk be példát (8. ábra).

A jó minőségű ANDO (pl. ANDO-Ex) felhasználható  $-25\text{ °C}$  és  $+60\text{ °C}$  hőmérsékleti tartományok között. Könnyű és olcsó elállíthatósága, biztonságos kezelhetősége, szivattyúzhatósága miatt az ANDO a világon mindenhol elterjedt. Az egyes ANDO-k között elsősorban csak az alkalmazott adalékanyagok (alumíniumpor, faliszt stb.) fajtájában és mennyiségében van eltérés.

Az ANDO meglepően jó munkavégző képességről tett tanúbizonyosságot a föld- és sziklarobbantások területén. A 94% ammónium-nitrátból és 6% gázolajból álló ANDO trotilgyenértéke egyes szakirodalmak szerint 0,82(!), természetesen csak lefajtvá és földmunkákra vonatkozóan. Ez különösen akkor értékelhető komolyan, ha figyelembe vesszük, hogy például az Amerikában még alkalmazott, 50% nitroglicerin tartalmú dinamit ugyanezen értéke 0,9.<sup>612</sup>

Az ANDO *előnyös tulajdonságai* az esetleges katonai felhasználás szempontjából:

- minden alkotórésze hazai viszonyok között és olcsón beszerezhető;
- előállítása akár helyszíni bekeveréssel megoldható, például ammónium-nitrát műtrágya és gázolaj felhasználásával, kézzel vagy esetleg egy betonkeverőben;
- földrobbantás esetén munkavégző képessége nem sokkal marad el a trotilétól, így a robbanóanyag-felhasználás mértéke is kedvező;
- 60 mm töltetátmérő fölött robbanása tökéletes, mely az általunk jelenleg is alkalmazott fűróeszközöknek megfelel (KF-3 kézi földfűró, 150 mm);
- sem gyártása, sem felhasználása nem igényel külön szakértelmet;
- külső fizikai hatásokra érzéketlen, csak indítóöltettel iniciálható, mely nagymértékben biztonságossá teszi úgy a tárolását, mint a szállítását és felhasználását – ez az épített környezet védelme szempontból is fontos;
- mivel az alkotórészek külön-külön nem minősülnek robbanóanyagnak, így helyszíni bekeverése esetén a robbanóanyag-raktárt vagy a szállító gépjárműkonvojt nem fenyegeti robbanás egy ellenes tüzéségi, légi vagy akár diverziós cselekmény esetén;

<sup>611</sup> Poljakov, I. – Iljenko, V.: *Zagrazhnyenija na avtomobilnih dorogah I–II. (Obstacles in the roads.)* Zarubezsnoje Vojennoje Obozrenije, Moskva, 1990/2., 86–87. (Ford.: Lukács L.)

<sup>612</sup> *Textbook of Military Medicine, Part I. – Warfare, Weaponry and the Casualty* (Katonai gyógyászati kézikönyv I. rész – Hadviselés, fegyverzet és a sérülések). United States Army Institute for Surgical Research, San Antonio, Texas, 1991, Table 7–2, 247.



- mivel alkotórészei nem robbanóanyagok, így azok tárolási és őrzési szabályai is egyszerűbbek;
- fontos környezetvédelmi szempont, hogy nullához közeli oxigénegyenlege következtében kevés a felszabaduló káros gáztermékek mennyisége (szemben például az erősen negatív oxigénegyenlegű trotilal, melynek robbanásakor többek között szén és erősen mérgező szén-monoxid képződik);
- a fűrt lyukak töltése gyorsabb (az anyag egyszerűen beönthető, sőt akár szivattyúzható), és mivel a furatot (aknakamrát) tökéletesen kitölti, javul a töltetkihasználási tényező (pl. a TNT-préstelekhez képest), így az ANDO földrobbantásoknál akár egyenértékűvé is válhat a trotilal.

Villum Kann Rasmussen, az ablakokat gyártó Velux cég alapítója (1941) mondta, hogy „egy kísérlet többet ér, mint ezer szakértői vélemény”.

Kísérleti robbantásom során<sup>613</sup> KF-3 földfúróval, homoktalajban készített 1,75 m mély furatokban robbantottunk 28 kg 400 g-os TNT-préstelet és 20 kg ANDO-t.<sup>614</sup> A keletkezett tölcéserek mélysége 1,5-1,5 méter volt, eltérést a tölcésér átmérőjében tapasztaltunk, mely a TNT-nél 4,8 m, míg az ANDO-nál 4,35 m volt. Az eredmény mindenképpen pozitív volt, hiszen – bár ANDO-ból a TNT tömegének csak 71%-át töltöttük be – azonos mélységű tölcésért sikerült kirobbantani.

Az ANDO *hátrányos tulajdonságai* a katonai felhasználás szempontjából:

- bekevert állapotban tárolhatósági ideje rövid (maximum 3 hónap), így nem készletezhető;
- nedvességre erősen érzékeny, csak száraz helyen tárolható és száraz lyukba tölthető, különben robbanási tulajdonságait elveszíti, illetve a tökéletlen robbanás során környezetszennyező nitrózus gázok keletkeznek (savas esők);
- ha nem gyárilag tiszta ammónium-nitrátot használunk a gyártáshoz, hanem műtrágyát, úgy annak felületi bevonata következtében az anyag nem lesz képes felvenni a minimálisan 5,5-6,0% gázolajat (a felesleg egyszerűen kicsorog belőle), így viszont a bekevert ANDO robbanási tulajdonságai csökkennek, továbbá a nem tökéletes égés következtében a fent jelzett mérgező, nitrózus gázok szabadulnak fel.

Összességében az ANDO mint pótrobbanóanyag *csak részlegesen használható fel*, ugyanakkor szükség-robbanóanyagként való alkalmazásának feltételeit meg kell vizsgálni. Minimális kiképzéssel a Magyar Honvédség hivatásos műszaki (de akár összfégyvernemi) tisztjei, tiszthelyettesei eredményesen használhatnák földrobbantási feladatok végzésére saját támpontjaikban, védőkörleteikben, száraz időjárási és talajviszonyok között.

A közeli mezőgazdasági üzemekből műtrágyát szerezve, saját gázolajkészleteik minimális igénybevételével (emlékeztetőül: a gázolaj aránya a keverékben kb. 6%) juthatnak olyan robbanóanyaghoz, melynek segítségével – még ha nem is a legpontosabban, de – eredményesen végrehajthatják tüzelőállásaik, óvóhely-alapgödreik, de akár harckocsiárok robbantását is.

Az olcsó (bár harchelyzetben nem ez a legfontosabb szempont) és helyszínen előállítható robbanóanyaggal hatalmas mennyiségű drága és esetleg nem is pótolható trotil takarítható meg. Ráadásul az alkotóelemek helyszíni beszerzésével a logisztikai csapatok szállítási terhei is csökkenthetők, ami a földrobbantásnál felhasználandó robbanóanyag-mennyiséget figyelembe véve (egy óvóhelyi alapgödör robbantásához 180–240 kg, 1 km harckocsiárok robbantásához 10-15 tonna robbanóanyag szükséges!) ugyancsak nagy segítség lehet.

#### 5.2.1.4. A robbanóanyag honvédségi felhasználásának lehetősége

Az ipari robbanóanyagok fejlődésnek második szakasza az 1950-es évek második felében kezdődött, a robbanóanyagok megjelenésével. A robbanóanyagok elsősorban ammónium-nitrát és más nitrátok vizes oldatai, égésfokozó (alumínium, glikol stb.) és érzékenyítő anyagokkal (TNT, nitropenta, hexogén) keverve. Töltényezhető és helyszínen bekeverhető, tartálykocsiból szivattyúzható. Nagy előnye az ANDO-val szemben, hogy vizes fűrólyukakba is tölthető, de csak +4 °C-ig működik megbízhatóan, az alatt megdermed és bizonytalanul robban.<sup>615</sup> Magyarországon jelenleg nincs forgalomban

<sup>613</sup> Türr István Műszaki Ezred gyakorlótere, Baja, 1993. október 26. A kísérleti jegyzőkönyvet Dr. Földei János egyetemi docens (Miskolci Egyetem) és Gácsi József robbantásvezető (MIKEROBB Kft.) hitelesítette.

<sup>614</sup> Az ANDO mennyisége azért volt kevesebb, mert ebbe a mélységű és átmérőjű lyukba (az ANDO TNT-nél kisebb sűrűsége következtében) nem tudtunk többet betölteni a fojtás kifújásának veszélye nélkül. Töltetüregezni viszont a homoktalaj miatt nem lehetett.

<sup>615</sup> Földei János: Robbanó emulziók és emulziókkal végzett külszíni robbantások tapasztalatai. Az MH SZCSP Műszaki Főnöksége továbbképzésére készített előadás, Baja, 1993; valamint Baron V. L. – Kantor B. H.: *Tyehnyika i tyehnologija vzrivnih rabot v SzSA* (A robbantási munkák technikája és technológiája az USA-ban). Nyedra, Moszkva, 1989, 76.

robbanóanyag, de nem elképzelhetetlen, hogy esetleg egy új gyártó vagy forgalmazó ilyen terméket is ki fog bocsátani. Ezért végezzük el a robbanóanyag elemzését is a honvédségi felhasználhatóság szempontjából.

A robbanóanyag *előnyös tulajdonságai* katonai felhasználásnál:

- olcsó, döntő többségében hazai alapanyagból való előállíthatóság (mint lehetőség);
- hazai gyártóüzem (ha a fent említett gyártás elindul);
- vízállóság (akár vízzel telt lyukba is beszivattyúzható, a vizet kinyomja, és emellett a robbanási tulajdonságai nem változnak);
- mivel csak indítótöltettel iniciálható, biztonságosan tárolható, szállítható és felhasználható;
- helyszínen is bekeverhető, így a tárolás és szállítás ANDO-nál említett előnyei ebben az esetben is fennállnak;
- kezelése külön szakértelmet nem igényel, így a földrobbantási feladatok végzésére az MH hivatásos állománya egyszerű felkészítés után, eredményesen tudná felhasználni;
- a fűrt lyukakba könnyen tölthető akár kézzel, akár szivattyúval;
- a lyukat tökéletesen kitölti, így töltetkihasználási tényezője jobb a trotil préstestekénél.

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 hálózatnál „állva maradást” okozhat.

Összességében a robbanóanyag (magyarországi gyártása esetén) *eredményesen használható* szükség-robbanóanyag lenne a földrobbantási feladatok végzése során. Pótrobbanóanyagként történő alkalmazhatóságának egyedüli korlátja a +4 °C alatti hőmérsékleten való nem megfelelő detonációs képesség. Az e feletti hőmérsékleti körülmények közötti alkalmazása mellett szólna:

- hazai nyersanyagokból, esetleges hazai gyártási bázison való olcsó, tömeges előállíthatósága;
- a vizes körülmények közötti felhasználás lehetősége;
- a biztonságos tárolhatóság és felhasználás,
- a különös szakértelmet nem követelő gyakorlati tevékenység,
- az aknakamrák gyors feltölthetősége (kézzel vagy szivattyúval) és
- megfelelő talajviszonyok esetén akár a töltet vízzel való fojtásának lehetősége (mint szintén időcsökkentő tényező).

#### 5.2.1.5. Az emulziós robbanóanyagok és honvédségi alkalmazhatóságuk

Az emulziós robbanóanyagok kialakulását, jellemzőit korábban részleteztük. Kitértünk arra is, hogy az alpmátrixba juttatott levegőbuborékok által a robbanás során generált, ún. „forró pontok” következtében válik az egyébként csak tűzveszélyes osztályba tartozó alapanyag robbanóanyaggá. Ez történhet üreges üvegyöngyök bekeverésével vagy gázfejlesztő adalékanyag alkalmazásával.

A vizsgált kérdés szempontjából nagyon fontos, hogy az emulzióba kevert üvegyöngy mennyiségével egyúttal szabályozható a gyártott robbanóanyag iniciálhatósága, továbbá a külső hőmérsékletre való illesztése. Az ANDO-V robbanóanyag-családot gyártó MIKEROBB Kft. által jelenleg alkalmazott Q-CEL 7014 típusú üvegyöngy esetében:

- 0,8–1,1% üvegyöngytartalomnál az emulziós robbanóanyag gyutacsérzékenyen, 1,7–2,2% mellett viszont gyutacsindítható;
- hideg időjárási viszonyok esetén ugyanezek az értékek 1,3–1,8, illetve 2,2–2,6%-ra növelendők.<sup>616</sup>

A belül üreges üvegyöngy kis méretei ellenére nagy szilárdságú termék, mely a mechanikus keverő berendezésben sem törik össze (lásd a 4–7. ábrákat).

A Q-CEL 7014 üvegyöngy főbb adatai:

- szemcsemérete: 20–150 µm;
- sűrűsége: 0,15–0,28 g/cm<sup>3</sup>;
- nyomószilárdsága : 70 Pa.

<sup>616</sup> Q-Cel® Ultra-Light Hollow Glass Microspheres – Industrial Explosives Applications, www.potterseurope.com (a letöltés ideje: 2010. 08. 09.)

Hazánkban kétféle emulziós robbanóanyagot gyártanak/gyártottak:<sup>617</sup>

- az ENERGIA Ipari és Kereskedelmi Kft. emulziójának felhasználásával jelenleg a MIKEROBB Kft. az Amerikai Egyesült Államokból származó licenz alapján gyártja az üvegyöngy érzékenyítésű, gyutacsérzékeny ANDO–V, valamint a gyutacsérzékeny ANDO–EV robbanóanyag-családot;
- Peremartonban a korábbi Ipari Robbanó Kft., majd MAXAM Magyarország Kft. a német WEST-SPRENG GMBH által kifejlesztett, gyutacsérzékeny gázbuborékos EMULGIT robbanóanyag-családot<sup>618</sup> forgalmazta.

Ezekon kívül a tatabányai székhelyű NOVEXPLO Robbantástechnikai Kft. a cseh EMSIT 1 és EM-SIT M,<sup>619</sup> valamint az osztrák LAMBREX–1<sup>620</sup> emulziós robbanóanyagokat forgalmazza Magyarországon. A hazánkban beszerezhető emulziós robbanóanyagok fontosabb adatait a 2. melléklet tartalmazza.

A vizsgált emulziós robbanóanyagok katonai alkalmazhatóságának *előnyös tulajdonságai*:

- ammónium-nitrát bázisú robbanóanyagként viszonylag magas detonációsebesség (4000–5000 m/s),<sup>621</sup>
- kiemelkedően jó fajlagos (robbanási) gáztérfogat (a trotilé csak 620 l/kg, az emulziós robbanóanyagoké 800-1000 l/kg);
- döntően hazai alapanyagból, hazai gyártóbázison és olcsón előállíthatók;
- az éghajlati és az időjárási viszonyoktól függetlenül tárolhatók és felhasználhatók, mert:
  - vízhatlanok, a szivattyúzva is tölthető emulziós robbanóanyag még a vizet is kiszorítja a fűrólyukból,
  - az üvegyöngy érzékenyítésű ANDO–V –25 °C és +70 °C, az EMULGIT család tagjai 0 és +50 °C, az EMSIT-ek és a LAMBREX –10 és +40 °C között alkalmazhatók;
- biztonságosan tárolhatók és kezelhetők: amennyiben az érzékenyítésre üvegyöngyöt használnak, a helyszíni bekeverésig az alapemulzió az ADR<sup>622</sup> által gázolaj-tárolási és -szállítási kategóriába tartozik, a mikrogyönggyel bekevert állapotban is a gyutacsérzékeny ANDO–V csak nagy energiájú indítótöltettel (min. 200 g-os TNT -préstest) iniciálható;
- robbanásuk során nem keletkeznek mérgező gázok: mivel oxigénegyenlegük közelít a nullához, így döntően szén-dioxid és vízgőz szabadul fel (a trotilé negatív, több mint –70 %, ezért robbanásakor többek között szén és szén-monoxid képződik);
- elektrosztatikus feltöltődésre érzéketlenek, az áramot nem vezetik, így sérült villamos hálózat esetén sem áll fenn a töltetek állva maradásának veszélye (az itt most részletesen nem tárgyalt – mert nálunk nem gyártott – robbanóanyagoknál ez az egyik fő probléma).

#### 5.2.1.6. Összehasonlító földrobbantási kísérletek emulziós robbanóanyagokkal

Türr István Műszaki Ezred gyakorlótere, Baja, 1993. október 27.<sup>623</sup>

A kísérleti robbantások során a Magyarországon ANDO–V (vízálló ANDO) néven 1992-ben engedélyezett, mikrogyöngy érzékenyítésű ipari emulziós robbanóanyag hatását vetettük össze a trotiléval.<sup>624</sup>

Az ANDO–V–100 robbanóanyag *főbb jellemzői*:

- az ANDO–V–100 robbanóanyag alapját képező emulzió 81% folyékony ammónium-nitrátból, 7% gázolajból és 1,5% emulgeátorból álló (a fennmaradó mennyiség víz), sárgás színű, pasztaszerű anyag, maximális sűrűsége 1,4 g/cm<sup>3</sup>;
- oxigénegyenlege –0,645 l/kg;
- robbanási hője 3,28 kJ/kg;

<sup>617</sup> A múlt idő itt azért indokolt, mert a gázbuborékos érzékenyítésű emulziós robbanóanyagokat gyártó, korábbi Ipari Robbantó, majd MAXAM Magyarország Kft.-t a külföldi tulajdonos 2015-ben bezárta (részletesen lásd az 1.5. alfejezetben). Ugyanakkor az ott gyártott robbanóanyagokat is vizsgáltuk kísérleti robbantásaink során, így indokoltnak tartom megemlítésüket.

<sup>618</sup> Bővebben lásd Tóth József: Az emulziós robbanóanyagok története és katonai alkalmazhatóságának lehetősége. *Műszaki Katonai Közlemény*, 2007/1–4. összevont szám, 157–169.

<sup>619</sup> Gyártó a cseh Explosia A.S. (Pardubice-Semtín).

<sup>620</sup> Austin Powder GmbH (Lambrecht).

<sup>621</sup> Az ammónium-nitrát alapanyagú, por alakú ipari robbanóanyagoknál ez az érték általában 2000–3000 m/s.

<sup>622</sup> A veszélyes áruk nemzetközi közúti szállítására vonatkozó európai megállapodás.

<sup>623</sup> A kísérleti robbantásokat megtekintették a Magyar Honvédség Szárazföldi Csapatok Parancsnokságának szaktisztjei. A kísérleti jegyzőkönyvet Dr. Földei János egyetemi docens (Miskolci Egyetem) és Gácsi József robbantásvezető (MIKEROBB Kft.) hitelesítette.

<sup>624</sup> Az ANDO név itt kissé megtévesztő lehet, hiszen alapjaiban más jellegű robbanóanyagról van szó. Az eredeti amerikai EMAN név helyett Magyarországon az engedélyeztetési eljárás egyszerűsítése és meggyorsítása miatt történt a „vízálló ANDO” átnevezés.

- robbanási nyomása 58,0 kbar;
- detonációsebessége 4800–5600 m/s (a töltetátmérő és az emulzió %-os mennyiségének függvénye);
- fajlagos gáztérfogata 1021,0 l/kg;
- relatív energiája az ANDO-hoz viszonyítva 1,55;

Az ENERGIA Kft. jelenlegi gyártóberendezése (konténerben) óránként 7 tonna 100%-os emulzió gyártására képes, vagyis mindenféle központi tartalékképzés nélkül, válsághelyzet esetén napi 70 tonna alapanyag állítható elő, ha csak minimális, tízórás műszakkal számolunk;<sup>625</sup> a MIKEROBB Kft. az emulzióhoz 1%-ban keverve üvegyöngyöt, gyutacsérzékeny ANDO–V, 2,5%-os üvegyöngy tartalommal pedig gyutacsérzékeny ANDO–ÉV<sup>626</sup> robbanóanyagot állít elő. Ára más ipari robbanóanyagokéhoz viszonyítva is kedvező (a TNT árához képest pedig kimondottan olcsó); egy kg ANDO–ÉV emulziós robbanóanyag ára jelenleg, a rendelt mennyiség függvényében 300–400 Ft/kg.

A jelenleg használt üvegyöngy ausztrál gyártmány,<sup>627</sup> de korlátlan tárolhatósági ideje miatt központi készlet raktározható belőle vagy a hazai gyártás is beindítható.<sup>628</sup>

Ha a helyszínen keverjük az érzékenyítő anyagot az emulzióba, és pár órán belül elvégezzük a robbantást, akkor az üvegyöngy mikroperlittel is helyettesíthető. Az ANDO–V–100 az éghajlati és időjárási viszonyoktól függetlenül tárolható és felhasználható: az emulziós robbanóanyag vízhatlan, az ANDO-hoz 30%-ban keverve az is vízhatlanná válik,<sup>629</sup> –25 °C és +70 °C között biztonságosan használható.

A szenzibilátor a helyszínen könnyen bekeverhető: az említett próbarobbantás során vaskádában, gereblyével történt az üvegyöngy bekeverése, de ugyanez akár egy betonkeverővel is megoldható, például a szakasztámpontban. A robbantólyukba való betöltés is egyszerű:

- történhet például kőműves serpenyővel;
- ennél a próbarobbantásnál egy kézi terménydarálóhoz hasonló egyszerű (csapatműhelyben könnyen és olcsón legyártható) töltényező berendezést használtunk, mellyel a vegyivédelmi csapatok által használt napalmimitációs fóliába töltényeztük a bekevert robbanóanyagot;
- ezzel megoldottuk a töltet pontos adagolását, valamint szállíthatóságát is (a fólia végét egyszerű tűzőgéppel zártuk le, a töltetburkokat a KF–3 földfűrével fűrt lyukakba való leengedés előtt hosszában felhasítottuk, így a töltet a lyukba dobáskor expandált, és azt teljes szelvényében kitöltötte).

Az emulziós robbanóanyag szivattyúzható is a furatokba. Az ANDO–V szenzibilátorral való bekeverés után is csak legalább 200 g-os TNT-présteffel indítható. A helyszínen is bekeverhető robbanóanyagról lévén szó, nagyon fontos a felhasználás előtt a megfelelő munkavégző képességének ellenőrzése. Az ANDO–V esetén a gyártó egy nagyon egyszerű, de megbízható helyszíni minősítő vizsgálatot ajánl: egy 70 mm átmérőjű, 600 mm magasságú acélsövet kell ráhegeszteni egy 20 mm vastag kazánlemezre; a sövet fel kell színültig tölteni emulzióval, majd egy felülről ráfektetett 200 g-os TNT-présteffel (akár egy árokban elhelyezve) felrobbantani. Amennyiben a robbanóanyag átüti a kazánlemez, a bekevert emulzió munkavégző képessége megfelelő, az anyag biztonságosan felhasználható.

Az ANDO–V elektrosztatikus feltöltődésre érzéketlen, az áramot nem vezeti, így nem megfelelően szigetelt elektromos hálózat esetén sem fenyeget a töltet állva maradásának veszélye. A hosszú ideig tárolt és kikristályosodott emulzió nem veszélyes, „megsemmisítése” normál ANDO-ba való bekeveréssel és száraz lyukba való betöltéssel megoldható, így környezetszennyező hulladék nem keletkezik (szemben más lejárt szavatosságú robbanóanyagok égetéses vagy robbantásos megsemmisítésével).

Az ANDO–V–100 eredményesen kiváltja földrobbantásoknál a trotilt. Az állítást a fentebb ismertetettek mellett az alábbi kísérleti robbantások eredményeire alapozom.

1. Harckocsitűzelő-állás robbantása FRT–5 (trotil) földrobbantó töltetek alkalmazásával és ANDO–V–100 robbanóanyaggal. A töltetek elhelyezése az FRT–5-höz megadott típusvázlat alapján történt (lásd a 156–157. ábrákat).<sup>630</sup>

<sup>625</sup> Jelenleg az ANDO–ÉV-t kizárólagosan gyártó MIKEROBB Kft. részére évi 500–700 t emulziót szállít, az ipari robbantási igények szerint.

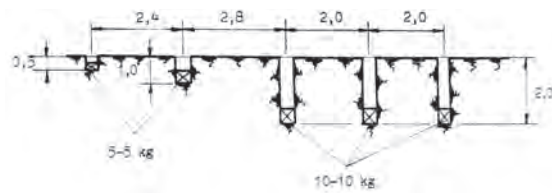
<sup>626</sup> 365/1997/I. (Bá. K. 3.) MBH: ANDO–ÉV robbanóanyag műszaki követelményei.

<sup>627</sup> Potters Industries Q–CEL 7014, www.pottersseurope.com (a letöltés ideje: 2010. 08. 09.)

<sup>628</sup> Például a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet is gyártott üvegyöngyöt. Előzőekben lengyel és német (3M) üvegyöngyöt is alkalmaztak a gyártáshoz.

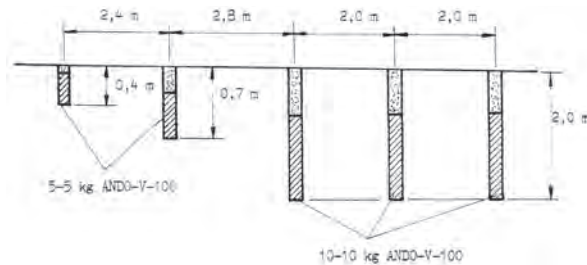
<sup>629</sup> Az USA-ban nehéz ANFO (Heavy ANFO) néven alkalmazzák.

<sup>630</sup> Mű/243. Műszaki szakutasítás a nem műszaki alegységek számára. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1978, 83. sz. ábra szerint, 190–191.



156. ábra

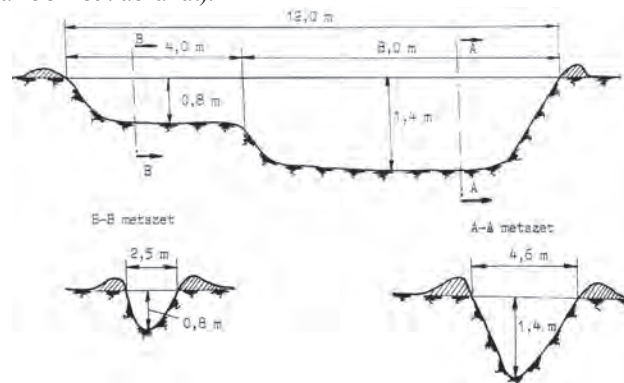
A töltetek elhelyezésének vázlata harcokcsütüzelő-állás robbantásánál, FRT-5 (TNT) töltettel<sup>631</sup>



157. ábra

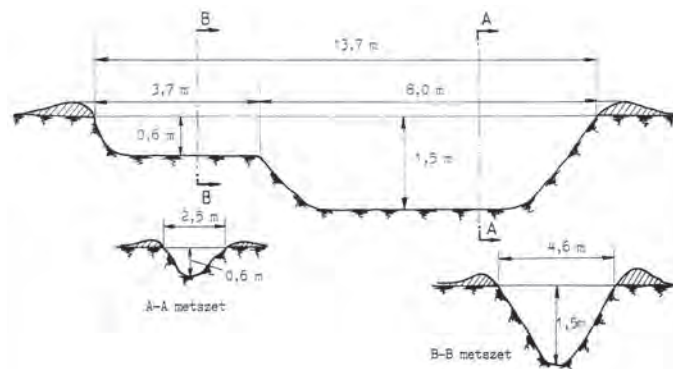
A töltetek elhelyezésének vázlata harcokcsütüzelő-állás robbantásánál, ANDO-V-100 töltettel<sup>632</sup>

A furatokba elhelyezett töltetek tömege megegyező volt. A robbantás egyéb körülményei: homoktalaj, napos idő, +6 °C. A robbantás eredményeinek értékelésekor a tüzelőállás geometriai jellemzőinek aránya a következő volt (lásd a 158–159. ábrákat).



158. ábra

Az FRT-5 (TNT) töltetekkel kialakított harcokcsütüzelő-állás méretei<sup>633</sup>



159. ábra

Az ANDO-V-100 robbanóanyaggal kialakított harcokcsütüzelő-állás méretei<sup>634</sup>

<sup>631</sup> Kísérleti jegyzőkönyv ANDO-V-100 emulziós robbanóanyaggal végrehajtott robbantásról, Baja, 1993. október 27. Hitelesítők: dr. Földesi János egyetemi docens (PBS Európa Precíziós Robbantási Szolgáltató Kft.) és Gácsi József robbantásvezető (MIKEROBB Kft.).

<sup>632</sup> Uo.

<sup>633</sup> Uo.

<sup>634</sup> Uo.

$$\frac{\text{mélység}_{\text{ANDO-V-100}} - 100}{\text{mélység}_{\text{FRT-5}} - 5} = \frac{1,5 \text{ m}}{1,4 \text{ m}} \times 100 = 107\%$$

$$\frac{\text{felsőszélesség}_{\text{ANDO-V-100}} - 100}{\text{felsőszélesség}_{\text{FRT-5}} - 5} = \frac{4,6 \text{ m}}{4,6 \text{ m}} \times 100 = 100\%$$

$$\frac{\text{hosszúság}_{\text{ANDO-V-100}} - 100}{\text{hosszúság}_{\text{FRT-5}} - 5} = \frac{11,7 \text{ m}}{21,0 \text{ m}} \times 100 = 97,5\%$$

2. Harckocsiárok robbantását hajtottam végre 400 g-os TNT-préstestek és ANDO–V–100 robbanóanyag alkalmazásával. A töltetszámítás kiinduló adatai:

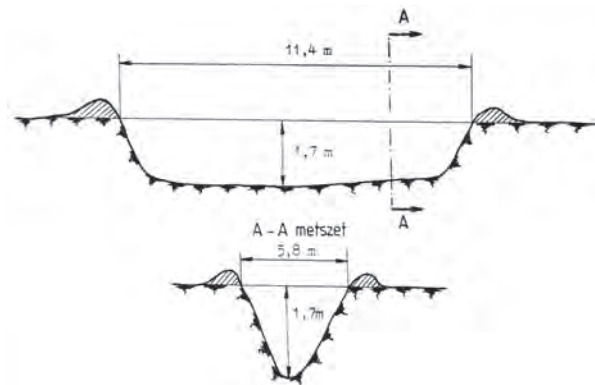
- árok visszamaradó mélysége,  $p = 1,75 \text{ m}$ ,
- árok felső szélessége,  $B = 6,5 \text{ m}$ ,
- töltet hatásmutatója,  $n = 2,0$ ,
- $n$ -től függő tényező,  $M = 5,17$ ,
- talaj: homok,  $K = 1,0$ ;  $a = 0,5$ .

Számítások:<sup>635</sup>

- rombolási sugár:  
 $p = a \times r$ ;  $\Rightarrow r = p/a = 1,75/0,5 = 3,5 \text{ m} \times 2 > B = 6,5 \text{ m}$
- legkisebb ellenállási vonal:  
 $n = r/h$ ;  $\Rightarrow h = r/n = 3,5/2,0 = 1,75 \text{ m}$
- egy töltet tömege:  
 $C = K \times M \times h^3 = 1,0 \times 5,17 \times 1,75^3 = 27,7 \Rightarrow 28,0 \text{ kg TNT}$
- töltetek egymástól való normál távolsága:  
 $a_n = 0,7 \times h \times (n^2 + 1)^{1/2} = 0,7 \times 1,75 \times (2,0^2 + 1)^{1/2} = 2,73 \Rightarrow 2,7 \text{ m}$

A robbantást 4–4 töltettel hajtottuk végre, a tüzelőállás robbantásánál ismertetett egyéb körülmények között. Az ANDO–V–100 robbanóanyagból – a  $2 \times 400 \text{ g}$  TNT-indítótöltetet figyelembe véve –  $27 \text{ kg-t}$  töltöttünk be lyukanként.

A robbantás eredményeinek értékelésekor a kialakított árkok geometriai jellemzőinek viszonya a következő volt:

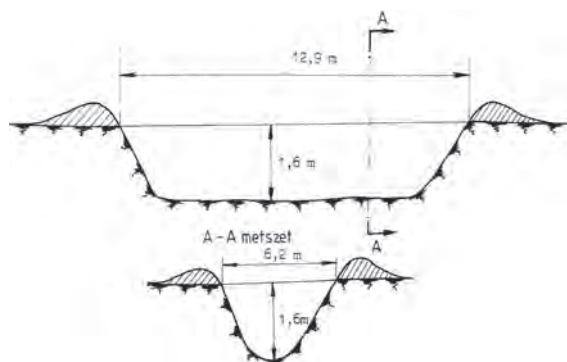


160. ábra

400 g-os TNT-préstestekkel kirobbantott harckocsiárok jellemző méretei<sup>636</sup>

<sup>635</sup> A 12. mellékletben bemutatott folyamatábra szerint, a *Mű/243. Robbantási utasítás* (Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971) vonatkozó előírásai alapján.

<sup>636</sup> *Kísérleti jegyzőkönyv ANDO–V–100 emulziós robbanóanyaggal végrehajtott robbantásról, Baja, 1993. október 27.* Hitelesítők: dr. Földesi János egyetemi docens (PBS Európa Precíziós Robbantási Szolgáltató Kft.) és Gácsi József robbantásvezető (MIKEROBB Kft.).



161. ábra

ANDO–V–10 emulziós robbanóanyaggal kirobbantott harckocsiarok jellemző méretei<sup>637</sup>

$$\frac{\text{mélység}_{\text{ANDO-V-100}}}{\text{mélység}_{\text{TNT}}} = \frac{1,6 \text{ m}}{1,7 \text{ m}} \times 100 = 94\%$$

$$\frac{\text{felsőszélesség}_{\text{ANDO-V-100}}}{\text{felsőszélesség}_{\text{TNT}}} = \frac{6,2 \text{ m}}{5,8 \text{ m}} \times 100 = 106,8\%$$

$$\frac{\text{hosszúság}_{\text{ANDO-V-100}}}{\text{hosszúság}_{\text{TNT}}} = \frac{12,9 \text{ m}}{11,4 \text{ m}} \times 100 = 97,5\%$$

A kísérleti robbantások eredményeit összegezve a résztvevők összegzett következtetései az alábbiak voltak:

- „A kísérleti robbantások tapasztalatai alapján kijelenthető, hogy az ANDO–V–100 robbanóemulzió helyettesítheti a TNT-tölteteket azoknál a közetrobantásoknál, amelyeket a honvédség területén végezni kell.
- A kísérletekhez szükséges emulziós robbanóanyagot komponenseiből a helyszínen igen egyszerű eszközökkel állítottuk elő.”<sup>638</sup>

Mint az előzőekben jeleztük, az emulziós robbanóanyagoknak létezik egy másik nagy csoportja is. Ezeknél a „forró pontokat” egyszerű gázbuborékok képezik az anyagban, melyeket a gyártás során egy gázosító adalékanyag alkalmazásával hoznak létre. Ilyen, a német Westspreng GMBH által kifejlesztett emulziós robbanóanyagot gyártott és forgalmazott a korábbi Ipari Robbantó Kft., majd megszűnéséig MAXAM Magyarország Kft. Peremartonban.

- A kezdetekben a következő két gázbuborék-érzékenyítésű emulziós robbanóanyagot gyártották: EMULGIT 42 GP-t kizárólag külszíni, EMULGIT 42 G-t pedig külszíni és földalatti alkalmazásra egyaránt.
- Ezt követően az üzem átállt az Emulgit Emex AN gyutacsérzékeny, továbbá az Emulgit 82GP és LWC gyutacsérzékeny, gázbuborékos érzékenyítésű emulziós robbanóanyagok gyártására.
- Az emulziók rendelkeznek mindazon előnyös tulajdonságok legtöbbszörével, melyeket az ANDO–V–100 robbanóanyagnál áttekintettünk; kivételt képez, hogy helyszíni bekeverése csak speciális keverő-töltő gépkocsival lehetséges, a fent bemutatott „kézi” módszerrel nem. Így viszont elvész az a hatalmas – katonai felhasználásnál igen fontos – erény, hogy a tárolás és a szállítás során nem kell robbanóanyagként kezelni (ezáltal az épített környezetre még ellenséges behatás esetén sem jelent veszélyt). Ugyancsak korlátozza a felhasználását a csak 0 °C feletti alkalmazhatóság.

A következő kísérleti robbantásoknál a gázbuborék-érzékenyítésű emulziós robbanóanyagokat is vizsgáltuk földrobbantási feladat során.

3. MH Technológiai Hivatal, Lőkísérleti és Vizsgáló Állomás, Táborfalva, 2001. március 22.<sup>639</sup>

<sup>637</sup> Uo.

<sup>638</sup> Uo.

<sup>639</sup> A robbantást megtekintették az OMBKE Robbantástechnikai Szakbizottság, az ÉTE Robbantástechnikai Szakbizottság, az MHTT Műszaki szakosztály tagjai, továbbá a Magyar Honvédség érdeklődő szaktisztjei (mintegy 100 fő).

A kísérleti robbantás során három különböző emulziós ipari robbanóanyag és a trotil hatását vetettük össze harckocsiarok robbantása során.

Az alkalmazott ipari robbanóanyagok:

- EMULGIT 42 GP: gázbuborék-érzékenyítésű, gyutacsérzékeny emulzió (német Westspreng licenz, hazai gyártású, Ipari Robbanó Kft.);<sup>640</sup>
- EMSIT M, gázbuborék-érzékenyítésű, gyutacsérzékeny emulzió (cseh EXPLOSIA gyártású, export, NOVEXPLO Kft.);
- ANDO–V, mikrogyöngy érzékenyítésű, nem gyutacsérzékeny emulzió (amerikai licenz, magyar gyártású, PBS Európa Precíziós Robbantás Szolgáltató Kft.).<sup>641</sup>

55. táblázat

*Az alkalmazott robbanóanyagok jellemzőinek összehasonlítása*<sup>642</sup>

Robbanóanyag/ jellemzők	Sűrűség (cm <sup>3</sup> )	Robbanási gáztérfogat (l/kg)	Robbanáshő (kJ/kg)	Oxigénegyenleg (%)	Detonáció- sebesség (m/s)
TNT	1,64	620	5066	-73,9	6900
ANDO–V-100	1,28	1021	3280	-0,645	5000
EMSIT M	1,05	800	2800	–	4400
EMULGIT 42 GP	1,2	909	3502	-1,6	4500

Az alábbiakban néhány mondatban vázoljuk a vizsgálat során alkalmazott robbantási eljárást. A feladat: harckocsiarok robbantása homoktalajban. A harckocsiarok olyan nem robbanó műszaki zár, melynek feladata a támadó, nagy tüzerővel és manőverező képességgel rendelkező páncélozott harcjárművek, harckocsik fizikai feltartóztatása.

*Főbb méretei:*

- mélysége: 1,75–2,00 m,
- felső szélessége legalább: 5,50–6,00 m.

*Kiinduló adatok:*

- árok visszamaradó mélysége,  $p = 1,75$  m,
- árok felső szélessége,  $B = \text{min. } 5,5$  m,
- a talaj homok,  $K = 1,0$ ,
- $a = 0,5$ ,
- a töltet hatásmutatója,  $n = 2$ ,
- $M = 5,17$ .

*Számítás:*<sup>643</sup>

Rombolási sugár,  $r = p/a = 1,75/0,5 = 3,5$  m.

Árok felső szélessége:  $2 \times r = 2 \times 3,5 = 7,0$  m  $> B = 5,5$  m.

A legkisebb ellenállási vonal:  $h = r/n = 3,5/2 = 1,75$  m.

Egy töltet tömege:  $C = K \times M \times h^3 = 1,0 \times 5,17 \times 1,75^3 \approx 27,8$  kg.

A töltetek egymástól való távolsága:

$$a_n = 0,7 \times h \times \sqrt{n^2 + 1} = 0,7 \times 1,75 \times \sqrt{2^2 + 1} = 2,74 \text{ m.}$$

A töltetek száma:  $N = 3$  db.

Összes robbanóanyag szükséglet  $\Sigma C = N \times C = 3 \times 27,8 \text{ kg} = 83,4 \text{ kg.}$

Biztonsági távolság:

$$L_b = 140 \times n \times \bar{h} = 140 \times 2 \times 1,75 = 370 \text{ m.}$$

A robbantások körülményeit és hatásait a kísérleti jegyzőkönyvek adatainak alábbi összefoglalása tartalmazza.

<sup>640</sup> Jogutódja a MAXAM Hungária Kft.

<sup>641</sup> Jogutódja az Energia Ipari és Kereskedelmi Kft.

<sup>642</sup> Készítette a szerző.

<sup>643</sup> A 12. mellékletben bemutatott folyamatábra szerint, a Mű/243. Robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971. vonatkozó előírásai alapján.



1. Tárgy: Az ANDO-V-100, az EMULGIT 42GP, az EMSIT-M és a TNT robbanóanyagok összehasonlítása földrobbantási munkák során. Árok robbantása a fenti töltetekkel.
2. Időpont: 2001. 03. 22.
3. Helye: HM TH Lőkísérleti és Vizsgáló Állomás (Táborfalva – 13 000 pont)
4. Talaj: homok.
5. Időjárás: esős, nyirkos.
6. Töltetfurat átmérője: 150 mm.
7. A fúrt lyukak mélysége: a trotilnál 1,75 m, az emulziós robbanóanyagoknál 2 m.
8. Töltetek száma: egy sorban 3 db.
9. Töltetek egymástól való távolsága: 2,75 m.
10. Indítótöltet lyukanként: 2 db 400 g-os TNT-préstest.
11. Alkalmazott gyutacs típusa: SVG-840.
12. Különleges körülmény a robbantás során: az emulziós robbanóanyagoknál a tervezett 25 kg robbanóanyag betölthetősége indokolta a megnövelt töltetelhelyezési mélységet a 150 mm átmérőjű lyukba.
13. A robbantások eredményei (lásd az 56. táblázatot).

56. táblázat

*Trotil és emulziós robbanóanyagok összehasonlító robbantási kísérletének eredményei*<sup>644</sup>

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	2,7/90%	7,0/109%	10,4/109%
EMULGIT	25	2,73/89%	8,8/86 %	11,9/95%

Összegezve a kísérleti robbantások eredményeit, megállapíthatjuk, hogy az ipari robbantástechnikában alkalmazott emulziós robbanóanyagok tökéletesen kiválthatják a katonai földrobbantási feladatok végzése során eddig kizárólagosan alkalmazott trotilt. Az üveggyöngy érzékenyítésű emulzióknál a külső körülményektől (hőmérséklet, csapadék stb.) független felhasználás mellett további előny lehet, hogy külön készletek tárolására nincs szükség, az igényeket a gyártók rövid határidővel, szinte korlátlanul képesek kielégíteni.

A rendszerbe állításhoz természetesen további kísérletekre, vizsgálatokra van szükség, melyek végrehajtásáról miniszteri rendeletek, illetve törvény rendelkezik. 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. Ennek alapján javaslatot tettem a Magyar Honvédség műszaki-technikai szolgálatfőnökének a honvédségen belül az emulziós robbanóanyagok földrobbantási feladatokhoz történő rendszeresítésére.<sup>645</sup>

#### 5.2.1.7. A szabvány-, pót- és szükség-robbanóanyagok elmélete

A vizsgálatok és a kísérleti robbantások eredményei alapján az alábbiak szerint javasolom a továbbiakban biztosítani a Magyar Honvédségnél, elsősorban a műszaki támogatási feladatok végzéséhez szükséges robbanóanyagokkal történő ellátást.

1. Hivatalosan be kell vezetni a szabványos robbanóanyag, a pótrobbanóanyag és a szükség-robbanóanyag fogalmát. *Szabványos robbanóanyagok* azok a készítmények, melyek:
  - 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 szabvány robbanóanyagokból központi tartalék képzendő az eddigi elvek szerint;

<sup>644</sup> Készítette a szerző.

<sup>645</sup> 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, 9–11. és 13.

- a szabványos utász robbanóanyag kezelésére a Magyar Honvédség minden katonáját ki kell képezni.

Pótrobbanóanyagok azok a készítmények, melyek:

- 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.

Szükség-robbanóanyagok azok a készítmények, melyek:

- egy vagy néhány honvédségi robbantási feladat megoldására bizonyos korlátok mellett alkalmazhatók (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;
  - a legfontosabbak kezelésére a műszaki csapatok megfelelő alegységei már békeidőszakban kiképzendők.
2. A Magyar Honvédség szabvány robbanóanyagaként továbbra is javasolható a trotil és ennek keverékei (hexotol, pentritol stb.).
  3. A Magyar Honvédség pótrobbanóanyagaként alkalmazható az ANDO–V és ANDO–ÉV üveggyöngy érzékenyítésű emulziós robbanóanyag, melyet földrobbantási feladatokhoz célszerű felhasználni. Megfelelő mennyiségű előállítás és a tartalékképzés céljából megfontolandó még egy gyártóberendezés beszerzése és tartalékként való tárolása. Javasolom olyan keverő-töltő berendezés itthoni legyártását vagy beszerzését, mely gépjárműre erősítve vagy vontatmányként szállítva könnyen a robbantás helyszínére juttatható, meggyorsítva ez által a feladat végrehajtását. Ezt a problémát orvosolja részben az Austin Powder Hungary Kft. által üzemeltetett, az 1.5. alfejezetben bemutatott, emulziós robbanóanyagokat a robbantás helyszínén előállító keverő-töltő gépkocsi.  
A keverő-töltő berendezések rendszerbeállítása esetén mindenképpen a kisebb, vontatható kivitelűek választása tűnik célszerűbbnek, mert így nem szükséges külön kezelő állománytáblában való megjelenítése, ugyanakkor a megfelelő mozgékonyság még extrém időjárási viszonyok között is biztosított.
  4. A Magyar Honvédség szükség-robbanóanyagaként alkalmazhatók földrobbantási feladatok végzésére:
    - száraz lyukakba az ANDO (tetszőleges hőmérsékleti viszonyok esetén);
    - nedves lyukakba, pozitív hőmérsékleti viszonyok között a gázbuborékos érzékenyítésű (jelenleg már csak külföldről beszerezhető) emulziós robbanóanyagok (a megszűnt MAXAM Magyarország Kft. ezek közül az EMULGIT Emex AN, az EMULGIT 82 GP és az EMULGIT LWC robbanóanyagokat tudta gyártani);
    - nedves lyukakba, +4 °C fölött a robbanóanyag (amennyiben hazánkban gyártani fogják);
    - speciális esetekben, szükség-robbanóanyagként alkalmazhatók azok a külföldi beszerzésű, hazai alkalmazású ipari robbanóanyagok is, melyek megtalálhatók a különböző robbantószervezetek raktáraiban (pl. Emsit, Lambrex stb.);
    - a jelzett robbanóanyagok ismeretére, kezelésük szabályaira legalább a műszaki utász és zártelepítő tisztai és tiszthelyettesi állományt fel kell készíteni.

### 5.2.2. Környezetkímélő földrobbantás időzített gyutacsok segítségével

Mint már fentebb említettük, nagy fontosságú a katonai robbantási feladatok végrehajtásának környezetvédelmi megfontolásokat is figyelembe vevő újragondolása.

Az egyik legnagyobb kárt a robbanás szeizmikus hatása jelenti a környezetre. Háborús viszonyok között erre kevés figyelmet fordítunk, viszont egy fenyegetettségi időszak során, saját területen végzett

erődítési berendezéskor vagy békefenntartó misszióban jelentkező munkánál elkerülhetetlen a környezetvédelmi kérdések figyelembevétele.

A robbanás szeizmikus hatása csökkentésének leghatékonyabb módszere az egy időegység alatt robbanó töltetek tömegének csökkentése. A hazai ipari robbantástechnikában egy időegység alatt robbanónak tekintenek minden olyan töltetet, melynek robbanása 100 ms-on belül megy végbe<sup>646</sup> (a külföldi szakirodalom szerint ez az érték 5–10 ms között is lehet).

Vagyis ha például egy kilométer harcokcsíárok robbantása során az egyes tölteteket úgy tudnánk iniciálni, hogy robbanásuk ezt a 100 ms-ot meghaladó „eltolással” következzen be, akkor nem egy, mintegy 1,25 tonna robbanóanyag töltet által keltett szeizmikus hatással kellene számolnunk (mint az eddig rendelkezésre álló, pillanat hatású villamos gyutacsok alkalmazásánál), hanem egy kb. 25 kg tömegű töltetével!

Az 1.6.3.4. alfejezetben már kitértem arra a problémára, hogy a Magyar Honvédség jelenleg nem rendelkezik késleltetett működésű villamos gyutacsokkal, de még külső késleltetésű robbantógéppel sem, mely a pillanathatású gyutacsokkal is lehetővé tenné a fenti példában jelzett, környezetkímélő robbantás végrehajtását. A fejezet részkövetkeztetéseiben részletesen is rámutattam erre a kérdésre.

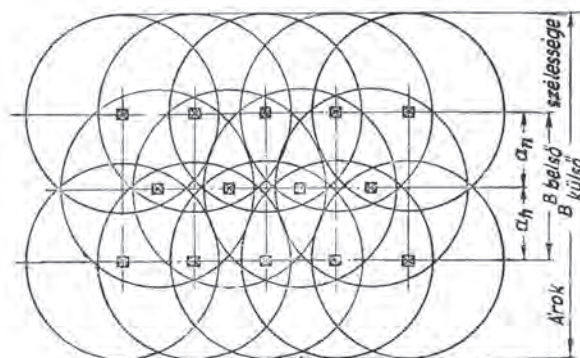
A rendszeresített NONEL-gyújtási rendszer NORABEL ST MSD 25 ms késleltetésű csatlakozója, valamint 500 ms késleltetésű ST-gyutacs segítségével viszont ezzel a két késleltetési fokozattal megoldható tetszőleges hosszúságú árok fent vázolt módon történő, a szeizmikus hatásokat jelentősen csökkentő robbantása (lásd a 37. ábrát).

A továbbiakban más, ugyancsak a katonai földrobbantási munkák végzése során jelentkező feladatokon keresztül bizonyítjuk a késleltetett működésű gyújtás környezetkímélő robbantást elősegítő szerepét.

Amennyiben nagy szélességű árok robbantását kell végrehajtanunk, a tölteteket három sorban helyezük el, a középső sort eltolva a két szélsőhöz képest. *Kettőnél több sorban elhelyezett töltettel végrehajtott árokrobbantásnál* viszont megint csak a késleltetett robbantás, pontosabban annak hiánya következtében felmerülő problémával szembesülünk (lásd a 162. ábrát). A mintapélda szerint 1,75 m mélységű árkot kell robbantanunk, az egyszerűség kedvéért homoktalajban. Az árok megkövetelt felső szélessége miatt viszont nem elég két sor töltet robbantása, három sorra van szükség.

Jelenlegi előírásaink szerint<sup>647</sup> két lehetőség kínálkozik:

- Az első változat szerint, pillanat hatású gyutacsok alkalmazása esetén, a középső sor tölteteinél a töltet hatásmutatóját ( $n$ ) meg kell növelni 0,5-tel. Példánk szerint ez azt jelenti, hogy *a szélső sorok kb. 28 kg-os tölteteivel szemben a középső soron 56 kg-os töltetekre lesz szükség!*
- A második változat szerint, ha a középső sor tölteteinek robbanását a szélső sorokban elhelyezettekhez képest 1-2 másodperccel késleltetni tudjuk, nincs szükség a töltetek tömegének megnövelésére. A NONEL-rendszer késleltetett gyutacsával ez a feladat végrehajtható.



162. ábra

*Három sorban elhelyezett összpontosított földrobbantó töltetek*<sup>648</sup>

A következő földrobbantási mintapéldában a talaj (kőzet) meghatározott irányba történő kidobása a követelmény. Itt is két lehetőségünk van.<sup>649</sup>

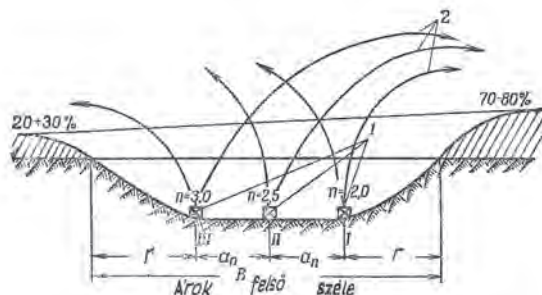
<sup>646</sup> 13/2010 (III. 4.) KHEM rendelet az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatról. Magyar Közlöny, 31. szám, 9762–9829., Értelmező rendelkezések, 2. §. E rendelet alkalmazásában: 18. mértékadó töltet (Qf): gyutacs használata esetén a 100 ms-on belül együtt indított töltetek közül az azonos késleltetési fokozatban együtt robbanó töltetek mennyisége közül a legnagyobb.

<sup>647</sup> Mű/213. Robbantási utasítás. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971, 172. pont, 149.

<sup>648</sup> Uo., 88. sz. ábra, 150.

<sup>649</sup> Uo., 177. pont, 156–157.

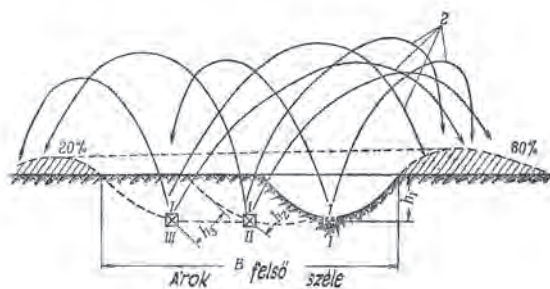
Az eddig rendelkezésünkre álló, pillanat hatású villamos gyutacsok alkalmazása esetén – a 2-3 sorban elhelyezett töltetek egy tűzben való robbantásánál – a talaj nagyobb részének kidobásával ellentétes irányban távolabb eső töltetsoroknál a töltet hatásmutatóját ( $n$ ) 0,5-tel meg kellett növelni. Vagyis míg az első soron csak a megszokott  $n = 2,0$ , addig a másodikon már  $n = 2,5$ , a harmadikon pedig  $n = 3,0$  értékkel kellett számolni (lásd a 163. ábrát). Csak a fenti (első) példából kiindulva ez azt jelenti, hogy az első soron a töltetek tömege 28 kg, a másodikon 56, a harmadikon pedig 103 kg lesz!



163. ábra

Töltetek elhelyezése irányított hajtó robbantás egy tűzben történő végrehajtásakor<sup>650</sup>

- A NONEL késleltetett gyutacsával, a 164. ábra szerint kirobbantva a talajt, nincs szükség ilyen extrém mértékű töltetmög növelésre, vagyis a fentiek szerint minden töltet tömege 28 kg lesz. Ezáltal sokkal gazdaságosabban és környezetkímélőbb módon tudunk robbantani.



164. ábra

Töltetek elhelyezése irányított hajtó robbantás soronként történő végrehajtásakor<sup>651</sup>

A katonai-műszaki gyakorlatban nemcsak árok robbantásos készítését kaphatjuk feladatul, hanem például építési kőzet kitermelését külszíni bányából, robbantással. Az ipari robbantástechnikában nagy biztonsággal, a töltetek megfelelő késleltetési idejű robbantásával hajtják végre ezt a feladatot úgy, hogy maximálisan eleget tegyenek úgy a környezetvédelmi előírásoknak (minimális rezgési, hang- és repeszhatás), mint a gazdaságossági követelményeknek (minimális fajlagos robbanóanyag-felhasználás, a kívántnak megfelelő aprítás, ebből következően minél kevesebb utólagos törés, aprítás).

Jelenleg a Magyar Honvédség e követelmények szerint még nem tudja az ilyen jellegű robbantási feladatait megtervezni, hiszen nem vettük meg a NONEL-rendszerhez kínált összes késleltetési idejű gyutacsot és csatlakozót. A beszerzőnek itt a robbantó szakmai igényeit kellett összevetni a katonai logisztika lehetőségeivel (adott katonai feladathoz a megfelelő anyagi készletek beszerzése, tárolása és biztosítása a helyszínen).

Ennek ellenére egy lazító robbantás végrehajtásánál is eredményesen használható a NONEL késleltetett gyutacs és kapcsolója. A fűrt lyukas talajlazító robbantásnál ugyanis megint két lehetőségünk adódik a Robbantási utasítás szerint.<sup>652</sup>

Amennyiben késleltetett gyutacsunk van, akkor a kezdővágattal párhuzamosan elhelyezett soroknál a második és további sorokat az első sorhoz képest késleltetve kell robbantani. Ezáltal biztosítjuk, hogy minden sor a szabad kezdővágat irányába omolhasson le (lásd a 165. ábrát).

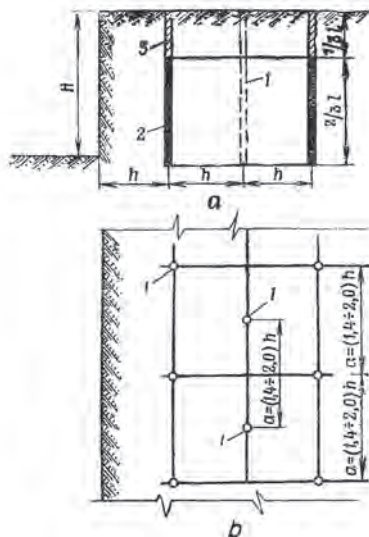
<sup>650</sup> Uo., 93. sz. ábra, 156. (Megjegyzés: a Robbantási utasításban a 92. és 93. ábrák címét felcserélték.)

<sup>651</sup> Uo., 92. sz. ábra, 156.

<sup>652</sup> Uo., 184. pont, 161.

Késleltetett gyutacsok hiányában a második és további sorok esetén a töltetsorok egymástól való távolságát az előtét (legkisebb ellenállási vonal,  $h$ )  $2/3$ -ára kell csökkenteni, vagyis fajlagosan több robbanóanyagot használunk fel, és természetesen növekszik a káros rezgési hatások szintje is.

Egy példával érzékeltetve a fentieket: ha például mészkövet robbantunk egy 5 m lépcsőmagasságú bányában, ahol a kezdővágat szélessége 100 m, akkor 1 sor töltettel mintegy  $1125 \text{ m}^3$  követ tudunk lefejtani. Amennyiben a további sorok robbantását késleltetni tudjuk az első sorhoz képest, akkor ez a kőzetmenyiség biztosítható ezeknél a soroknál is. Amennyiben nem, akkor – a  $h = 2,25$  m-es legkisebb ellenállási vonalat (előtétet) a  $2/3$ -ára csökkentve – a további sorokon már csak max.  $750 \text{ m}^3$  kő jövesztése biztosítható.



165. ábra

Fúrt lyukban elhelyezett töltetek talaj, szikla lazító robbantásakor<sup>653</sup>

A fenti példák, úgy gondolom, kellőképpen bizonyítják, hogy a NONEL gyűjtési rendszer bevezetése a Magyar Honvédségnél jelentős előrelépés a környezetkímélő robbantási tevékenység végzésének biztosításában. Az előnyök mellett azonban van két hátránya is a NONEL-rendszernek:

- az egyik a magas ár, ami a tömeges alkalmazás gátja lehet, hiszen például a bemutatott földrobbantási feladatokhoz nagy mennyiségű gyutacs szükséges, nem megfelelően a fő és a tartalék gyűjtőhálózat kötelező meglétéről sem;
- a másik a logisztika kérdése: az adott feladathoz, adott típusú és mennyiségű eszköz biztosítása.

Bár a NONEL-rendszerek nagyon magas szintű minőségi ellenőrzésen esnek át a gyártás során, ennek ellenére a robbantás előtt a végrehajtó számára gondot jelenthet, hogy – szemben például az elektromos – nem ellenőrizhető a gyűjtőhálózat épsége.

A biztos és viszonylag olcsó megoldást továbbra is a már jelzett, küldő késleltetésű robbantógépek rendszerbe állítása jelentheti, melyek a meglévő és a NONEL-nél lényegesen olcsóbb pillanat hatású villamos gyutacsokkal biztosítanak a föld- és kőzetrobbantási munkák robbanóanyag-takarékos, egyben környezetkímélő végrehajtását.

Ugyancsak óva intenek azon véleményektől, melyek szerint a NONEL gyűjtési rendszer bevezetésével „elfelejthetjük” az időzített gyűjtőzsinórt és a robbanózsinórt. Mindegyik robbantószernek megvan a maga helye, szerepe a robbantási feladatok végrehajtása során. Ezek kombinálásával tehetjük még hatékonyabbá munkánkat, egyben megfelelve a környezet minél hatékonyabb védelme jogos követelményének is.

### 5.2.3. Szerkezeti elemek környezetkímélő robbantása belső töltetekkel

A korábbi támadó doktrínából következően a szerkezeti elemek (és ezen keresztül az építmények) rombolásánál az elsődleges szempont a minél gyorsabb feladat-végrehajtás volt. Így a belső (fúrt lyukban, aknakamrában, de akár fészekben vagy barázdában) elhelyezett töltetek (valóban sokkal munka- és idő-

<sup>653</sup> Uo., 95. sz. ábra, 159.

igényesebb) alkalmazásával szemben a külső, szabadon felfektetett, sőt a közbehelyezett töltetekkel való robbantás került előtérbe.

Harchelyzetben továbbra is szükség van ezekre a töltetekre, de védelmi hadművelet megtervezése és előkészítése során (főleg ha a rendelkezésre álló időt sem órákban, hanem napokban, sőt hetekben mérjük), továbbá a válságkezelésnél vagy a béketeremtő misszióban végrehajtandó feladatoknál az eddiginél nagyobb figyelmet kell fordítani a belső töltetekre. A 2.3.1. alfejezetben láthattuk, hogy már az 1928-as *Műszaki oktatás* is a belső töltetek alkalmazásának elsődlegességét írta elő a szerkezeti elemek robbantásánál, és csak idő hiányában engedte meg a külső töltetek használatát.

A belső töltetek alkalmazásának előnyei az alábbiak:

- a) Jelentősen csökkenthető a robbanóanyag-felhasználás és ezáltal a környezeti hatás, amit az alábbi példával bizonyítunk. Romboljunk egy  $60 \times 70$  cm-es vasbeton oszlopot, a beton kiütésével számolva!

$$A = 5^{654}$$

Külső szabadon felfektetett töltet esetén:  $B = 9$ ;  $R = H = 0,6$  m<sup>655</sup>

A: a robbantandó szerkezet anyagától függő tényező

B: fojtási tényező

R: a rombolási sugár [m]

H: a robbantandó szerkezeti elem vastagsága [m]

$$C = A \times B \times R^3 = 5 \times 9 \times 0,6^3 \approx 9,8 \text{ kg TNT}^{656}$$

Fészekben elhelyezett töltet (az egyszerűbb, de a rombolás hatékonyságát csökkentő, fojtás nélküli kivitelezés) esetén:  $B = 5$ ;  $R = H = 0,6$  m

$$C = 5 \times 5 \times 0,6^3 = 5,4 \text{ kg TNT}$$

A szerkezet 1/3-ában elhelyezett összpontosított töltettel (fojtással):

$$B = 1,5; R = 2/3 H = 0,4 \text{ m}$$

$$C = 5 \times 1,5 \times 0,4^3 = 0,48 \text{ kg TNT}^{657}$$

A szerkezet 1/2-ében elhelyezett összpontosított töltettel (fojtással):

$$B = 1,15; R = 1/2 H = 0,3 \text{ m}$$

$$C = 5 \times 1,15 \times 0,3^3 \approx 0,16 \text{ kg TNT}$$

Amennyiben falban, lemezben akarunk nyílást robbantani, a helyzet még kedvezőtlenebb szabadon felfektetett összpontosított töltetek esetén, mivel a számított robbanóanyag-mennyiséget normál esetben 2-3-szorosára, ha a falban erős vasalás található, úgy akár a 6-szorosára is kell növelni. Belső töltetek alkalmazása esetén viszont a robbanóanyag-mennyiség növelésére nincs szükség.

- b) A mechanikai hatásokkal szemben legérzékenyebb gyutacs a szerkezet belsejébe (védett helyre) kerül, így a harccselekmények során nem fenyeget a töltet véletlen felrobbanásának veszélye. Ugyanez igaz a töltet például repeszhatás okozta tönkremenetelére vagy a robbantandó szerkezetről való lesodródására.
- c) A jelentősen lecsökkent robbanóanyag-mennyiség következtében a robbanás környezeti hatása is jelentősen csökken, ezáltal nem fog tönkremenni olyan – a közelben található egyéb – objektum, melynek rombolása nem célunk. Hazai területen vívendő harctevékenység során vagy békefenntartó misszióban ez sem elhanyagolható szempont.

Ha ennyi előnye van a belső töltetek alkalmazásának, akkor joggal vetődhet fel a kérdés, hogy a katonai robbantástechnika miért nem alkalmazza szélesebb körben. Eddig a rendelkezésre álló idő rövidege volt a fő szempont, de mint ahogy ezt fentebb jeleztük, a Magyar Honvédség várható feladatai ezt nem feltétlenül indokolják.

Igazán a megfelelő teljesítményű fűró- és vésőeszközök azok, melyek az egyedüli gátját képezik a töltethelyek kialakításnak. Másképpen fogalmazva: csak szándék kérdése, hogy a magyar műszaki katonák mikor lesznek „képesek” szélesebb körben alkalmazni egy-egy robbantási feladat előkészítése során ezt a környezetkímélő és robbanóanyag-takarékos eljárást. Természetesen harchelyzetben továbbra is az idő és a feladat maradéktalan végrehajtása az egyedüli szempont.

<sup>654</sup> Mű/213. *Robbantási utasítás*. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971, 8. sz. táblázat, 119.

<sup>655</sup> *Uo.*, 9. sz. táblázat, 120.

<sup>656</sup> Lásd a [46]-os képletet.

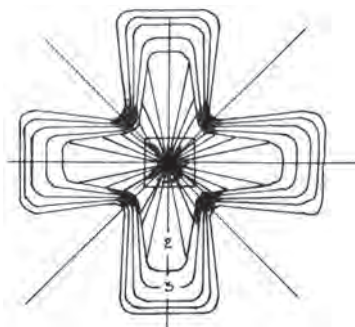
<sup>657</sup> A préstestekre való kerekítést most szándékosan nem alkalmaztam, a jobb szemléltetés céljából.

### 5.2.4. Lineáris vágótöltetek a katonai és az ipari gyakorlatban

A fémből készült szerkezetek vágása, darabolása, bontása mindig komoly feladatot jelentett úgy a katonák, mint a polgári szakemberek részére. Könnyen belátható, hogy harc helyzetben a „gyorsan és hatékonyan” követelményének nehéz eleget tenni, ha például egy acélhid tönkretétele a cél, megakadályozandó a támadó ellenség gyors előre haladását. De nem jobb a helyzet akkor sem, ha egy feleslegessé vált acéltorony, vázas épület vagy portáldaru elbontása a feladat: több tíz méterrel a talaj felett senki sem vállalkozik szívesen egy egymással kölcsönhatásban dolgozó szerkezet darabolására, még lángvágóval sem.

A 2.2. alfejezetben részletesen bemutattuk a fémszerkezeti elemek robbantási szabályainak fejlődését a katonai robbantástechnikában. Az itt alkalmazott idomtöltetek elkészítése a rendszeresített préstestek alkalmazásával bonyolult, a töltetmennyiség pedig nagy, ezáltal a robbanás környezeti hatása (repsz, léglökés) is kiemelkedően nagy. A robbanási energia irányíthatósága kínál megoldást erre a problémára a lineáris (kumulatív) vágótöltetek révén.

A kísérletek során a szakemberek már a XIX. században rájöttek arra, hogy a robbanóanyagokból képzett külső (rátett) töltetek robbanáskor a robbanási energia jelentős része elvész a környező közegben. Pontosabban: a keletkező lökőhullám nemcsak a felrobbantandó objektumra fejt ki hatást, hanem – a töltet formájától függő mértékben – a teljes környezetben. A lökőhullám intenzitása csökken a robbanás epicentrumától való távolodása során, mégpedig a töltet alakjától függően különböző irányokban, különböző mértékben. A 166. ábrán látható, hogy egy kocka alakú összpontosított töltet robbanásakor a robbanási gáztermékek terjedése a legintenzívebben és a távolodás arányában a legkisebb csökkenéssel az oldalakra merőlegesen történik. Ugyanakkor a sarkok felé közeledve az intenzitás jelentősen csökken. Ennek következtében kialakul a kocka formájú összpontosított töltetekre jellemző, kereszt formájú robbanási gáztermék- és lökőhullám-terjedési alakzat.



166. ábra

*A robbanási gáztermékek kiterjedése és a lökőhullám kialakulása az összpontosított töltet közvetlen környezetében*<sup>658</sup>

1: a töltet; 2: robbanási gáztermékek; 3: lökőhullám

Már a fenti példában is tapasztaljuk a robbanási energia irányíthatóságát, amit az a jelenség váltott ki, hogy a robbanási gáztermékek a kezdeti stádiumban a töltet felületére merőlegesen mozdulnak el.

#### 5.2.4.1. A kumulatív hatás – a Munroe-effektus

A robbanás irányított hatásáról először Franz Xavier von Baader<sup>659</sup> 1792-es tanulmányában<sup>660</sup> olvashatunk, aki fűrőlyukakban alkalmazott üreges kiképzésű töltetet. Egészen pontosan: Baader a fűrőlyukak töltésének optimalizálásával foglalkozott, és kísérletei során azt tapasztalta, hogy a töltet és a fojtás között egy kis légrés kihagyásával jobb lesz a kőzet aprítása. A későbbi kutatók cáfolták, hogy Baader ténylegesen a robbanás irányított hatását fedezte volna fel, tekintve, hogy feketelőporral robbantott, mely nem detonál, így a szükséges nagyságú lökőhullám sem jön létre. Csak emlékeztetünk arra, hogy az első valóban nagy

<sup>658</sup> Szalamahin, T. M.: *Osznovi modelirovanija i bojevaja effektivnoszt zarjadov razrusenija*. I. rész. Kujbisev Katonai Műszaki Akadémia, Moszkva, 1984, 70.

<sup>659</sup> Német teológus és filozófus, aki emellett bányamérnökként is dolgozott.

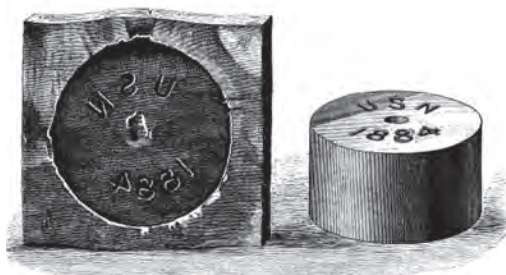
<sup>660</sup> Baader, F.: Investigation of a theory of blasting (Versus einer Theorie Der Sprengarbeit). *Berjmannshciacs Journal Von Kohler und Hoffman*, v. 1. Mar. 1972, 193–212. (Kennedy, Donald R.: *History of the shaped charge effect – The First 100 Years*, 65. alapján.)

hatóerejű brizáns robbanóanyagot 1845-ben találta fel Friedrich Schönbein (nitrocellulóz), Sobrero 1846-ban fedezte fel a nitroglicerint, a detonációelmélettel Bertholet és Vielle 1881–1882-ben kezdett el foglalkozni.

Ennél mélyrehatóbban kutatta a robbanás irányított hatását Max von Foerster,<sup>661</sup> aki 1883-as tanulmányában mutatta be nitrocellulóz töltetbe préselt formák hatását, öntöttvas lemezen.<sup>662</sup>

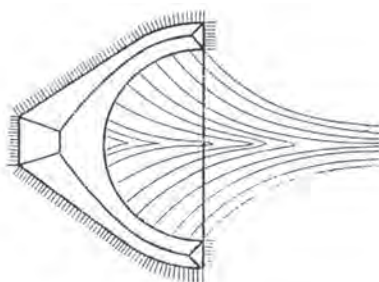
Düsseldorfban Gustav Bloem 1886-ban készítette el azt az új gyutacshüvelyt, melynek talpán félgömb alakú bemélyedést alakítottak ki, ezzel növelve az iniciálás hatékonyságát.<sup>663</sup>

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 Newport-ba (Rhode Island), az USA Haditengerészeti Torpedó Intézetébe, ahol 1888-ig dolgozott, többek között torpedók harci töltetének fejlesztésén. Egy alkalommal egy, a haditengerészetnél rendszeresített lögyapot (nitrocellulóz) töltetet robbantott fémllemezen, és azt tapasztalta, hogy a préstestbe belenyomott azonosító betűk és számok lenyomata megjelent a lemezen (167. 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).<sup>664</sup>



167. ábra  
*Munroe kísérlete*<sup>665</sup>

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 mozognak 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 robbanási gázterméksugár kialakulását.



168. ábra  
*A robbanási gáztermékek áramlása bélés nélküli kumulatív töltet esetén*<sup>666</sup>

<sup>661</sup> Emiatt német nyelvterületen a kumulatív hatást sok helyen a mai napig Foerster-effektusnak nevezik.

<sup>662</sup> Morrison, J. J. – Mahoney, P. F. – Hodgetts, T.: Shaped charges and explosively formed penetrators: background for clinicians. *JR Army Med Corps*, 153(3), 184–187.

<sup>663</sup> Amerikában ugyanebben az évben kért Bloem szabadalmi védelmet eljárására „Shell for detonating caps” néven (Kennedy, Donald R.: *History of the shaped charge effect – The First 100 Years*, 67. alapján).

<sup>664</sup> *Edited Appletons Encyclopedia*, <http://famousamericans.net/charlesedwardmunroe/> (a letöltés ideje: 2010. 06. 12.)

<sup>665</sup> Munroe, Charles E.: Modern explosives. *Scribner's Magazine*, Vol. III., 1888, 574.

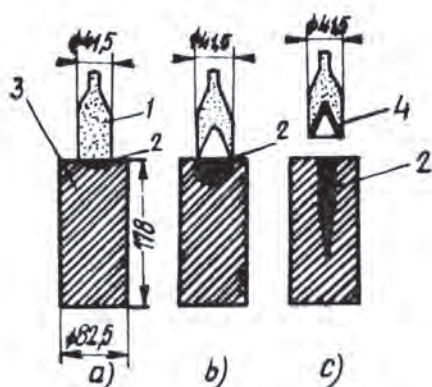
<sup>666</sup> Szalamahin, T. M.: *Osznovi modelirovanija i bojevaja effektivnoszt zarjadov razrusenija*. I. rész. Kujbisev Katonai Műszaki Akadémia, Moszkva, 1984., 71.



1894-ben Munroe elkészítette az első fémbéléses kumulatív töltetet is, dinamittal burkolva be egy üreges bádogdobozt,<sup>667</sup> de további fejlesztést nem végzett ezen a téren, és ez a felfedezése feledésbe merült a következő 44 évben.

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 Westfalische 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. Sucharewski (1925–1926), Olaszországban D. Lodati (1932) folytattak kísérleteket és jelentettek meg tanulmányokat a kumulatív töltetekkel kapcsolatban.<sup>668</sup>

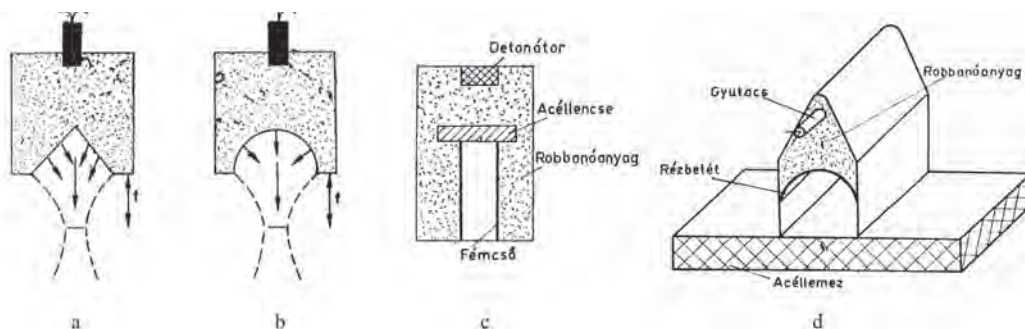
1939-ben a német Franz Rudolph Thomanek újból felismeri Munroe fentebb említett megfigyelését, hogy az irányított hatás növelhető, ha az üreg belső felületét fém béléssel borítják (erről már a WASAG-szabvány is tesz említést). További lépést jelentett annak felismerése, hogy a hatásfok növelhető, ha a töltetet nem magára a robbantandó tárgyra, hanem attól meghatározott távolságra, az úgynevezett fókusz-távolságra helyezték el (169. ábra).



169. ábra

A kumulatív töltetek fejlődése<sup>669</sup>

A számos országban folyó kutatások eredményeként felfedezték, hogy különböző fémeket alkalmazva betétanyagként ugyanazon tömegű és kialakítású kumulatív töltetnél más-más hatás érhető el. A kísérletek az is bizonyították a továbbiakban (lásd a 170. ábrát), hogy nemcsak a kúpos kialakítású, üreges töltetek (a) robbanásakor figyelhető meg a kumulatív hatás, hanem a félgömb alakú (b), sőt hengeres üregeknél (c) is. Végezetül bebizonyosodott az is, hogy a kumulatív hatás nemcsak összpontosított (koncentrált) töltetek esetén érhető el, hanem nyújtott, úgynevezett lineáris vágótölteteknél is (d).



170. ábra

Kumulatív töltettípusok<sup>670</sup>

<sup>667</sup> Gordon, Arran: *Explosive Applications for Industry and Defense*. Havoc Industries Pty Ltd., 19-Oct-06.

<sup>668</sup> Kennedy, Donald R.: *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 Schrobenshausen, West Germany, 20–22 September 1983.

<sup>669</sup> Andrejev, K. K. – Beljajev, A. F.: *A robbanó anyagok elmélete*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965, 9.15. sz. ábra, 665.

<sup>670</sup> Bohus – Horváth – Papp: *Ipari robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983, 2.20.; 2.25.; 2.26. sz. ábrák alapján, 51. és 54.

#### 5.2.4.2. A katonai kumulatív töltetek fejlesztése a II. világháború előtt

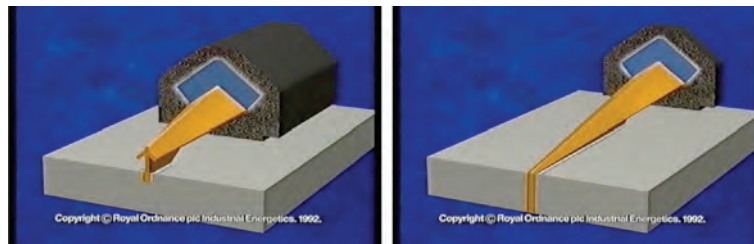
A kumulatív töltetek fejlesztése a II. világháború előtt a páncéltörő fegyverek irányába mozdult el. 1935-ben egy svájci vegyész-mérnök, Henry Hans Mohaupt zürichi laboratóriumában egy olyan fegyver fejlesztésébe fogott, melyet a gyalogos katonák eredményesen alkalmazhatnának a páncélvédett harcjárművek 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, amely kevésnek bizonyult már az akkori német harckocsik ellen is.

A háború kitörését követően, 1940-ben Mohaupt meghívást kapott az Amerikai Egyesült Államokba, ahol vezetésével elkezdődött a „Bazooka-project”.<sup>671</sup> A kifejlesztett, vállról indítható páncéltörő fegyvert *1941-ben, Észak-Afrikában vetették be először a britek*. Nem maradt le a fejlesztéssel Németország (*Panzerfaust*), majd a Szovjetunió sem (3 és 5 kg-os páncélököl). De többféle kumulatív harcjármű elleni akna, építményromboló műszaki töltet, sőt kézigránát is készült és készül azóta is világszerte.

A robbanás irányított hatásának mind tökéletesebb megismerését, valamint a fejlesztéseket nagymértékben fellendítette a *röntgenimpulzus elvén történő fényképezés*<sup>672</sup> alkalmazása (1941: Seely, USA; Tuck, UK; Schumann, Schardin, Németország).<sup>673</sup>

#### 5.2.4.3. Kumulatív töltetek az ipari robbantástechnikában

Bár a kumulatív töltetek gyakorlati alkalmazásában a kezdeti időkben a haditechnika állt az élen, a mai, korszerű ipari robbantástechnika egyes feladatainál szintén előtérbe került a robbanás irányított hatásának felhasználása. A nagy mélységű fúrólukák (olajbányászat) termelő csöveinek perforálása már régóta elképzelhetetlen a kisméretű, összpontosított kumulatív töltetek nélkül. A nagyméretű acélszerkezetek elemeinek robbantásában a speciális *lineáris vágótöltetek* képesek minimális környezeti hatással, szinte *sebészi pontosságú* munkát végezni (lásd a 171. és 172. ábrákat).



171. ábra

*A lineáris vágótöltet működése*<sup>674</sup>



172. ábra

*Precíziós vágás BLADE lineáris vágótöltettel*<sup>675</sup>

<sup>671</sup> Az elnevezést egy akkoriban népszerű amerikai komikus, Bob Burns házi készítésű fúvós hangszeréről (pozan) kapta, mely tölcés alakú végződésekkal ellátott csődarabokból állt, és valóban hasonlított egy rakétavető szerkezetre. (Kennedy, Donald R.: *History of the shaped charge effect – The First 100 Years*, 11. alapján.)

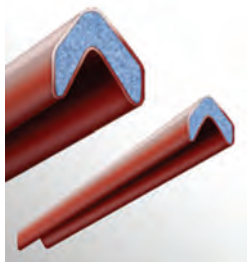
<sup>672</sup> Flash x-ray photographs.

<sup>673</sup> VALTERS, William: *A Brief History of Shaped Charges*. 24th International Symposium on Ballistics, vol. 1, 3–10, New Orleans, LA, 22–26 September 2008.

<sup>674</sup> *BLADE, the cutting edge*. A Royal Ordnance Plc. Industrial Energetics, Englan termékbemutató videófilmje alapján, 1992.

<sup>675</sup> Uo.

A lineáris vágótöltetek egyik nagy családja *merev burkolattal* készül (173. ábra). A töltetknél magas hatóerejű brizáns robbanóanyagokat alkalmaznak (lásd az 57. táblázatot).



173. ábra

*Dynawell vágótöltet*<sup>676</sup>

57. táblázat

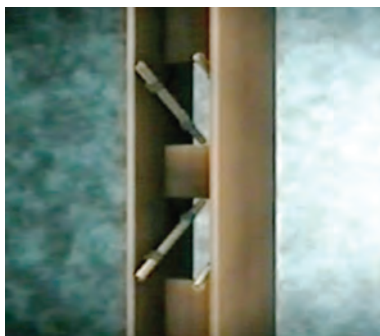
*Lineáris vágótöltetek robbanóanyagai*<sup>677</sup>

Robbanóanyag	Detonációsebesség (m/s)	Sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )
RDX (hexogén)	8200	1,65
HMX (oktogén)	9100	1,84
PETN (nitropenta)	8300	1,70
HNS (hexanitrosilbene) <sup>1</sup>	6900	1,60
PYX (dinotropyridine) <sup>2</sup>	7200	1,68

Megjegyzés: plusz a fenti robbanóanyagok keverékei, octol, C-3, hexolite, hexotol stb.

A jetképző fém bélés anyaga a nagyméretű töltetek döntő többségénél réz, a kisebbeknél pedig alumínium. Hőálló töltetek esetén ezüstöt is alkalmaznak.<sup>678</sup>

A töltetek általában 1-2 méter hosszúságban készülnek, a helyszínen darabolhatók. Felerősítésük egy bonyolultabb tartóra meglehetősen nehéz, ezért a katonai gyakorlat számára nem ideálisak. Az ipari robbantástechnika viszont széleskörűen alkalmazza őket, mivel a robbantási előkészítés során egyébként is „kigyengítik” az építmény tartószerkezeteit. Ezáltal minimális robbanóanyag-felhasználásra van szükség. Az acéltartóknál általában a gerinclemez egy darabját távolítják el előzetesen a robbantás síkjában, a talp és fejlemez így felszabadul, ezek pedig már könnyen „megszerelhetők” a kívánt méretű merev burkolatú lineáris vágótöltettel (174. ábra).



174. ábra

*Meggyengített tartó robbantása merev vágótöltettel*<sup>679</sup>

A katonai gyakorlat számára nagyobb jelentőségűek a legújabb, *flexibilis (hajlékony) vágótöltetek*, melyek pontosan követik a robbantandó szerkezet formáját, a felerősítést pedig egy tapadófolia is segíti. A jetképző fémbeütést az esetek többségében ólom. A töltet a helyszínen a kívánt méretre szabható (lásd a 175. ábrát).

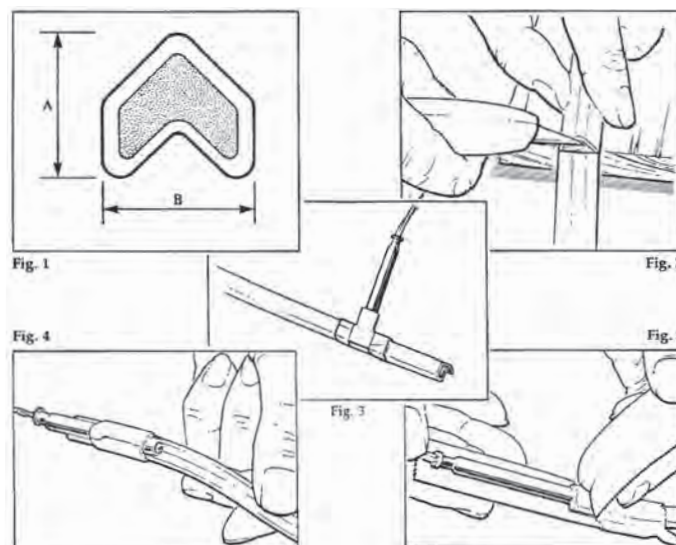
<sup>676</sup> DYNAenergetics GmbH, Germany, Dynawell gyártmányismertető katalógusa alapján.

<sup>677</sup> Készítette a szerző.

<sup>678</sup> Elsősorban az ürtechnikában alkalmazzák, a napi ipari gyakorlat számára túl drága lenne.

<sup>679</sup> *Extreme explosions*. Liverpool, Discovery Communications LLC, 2009. tudományos ismeretterjesztő filmje alapján.

Példaként a brit HALEY&WELLER és BLADE (gyártó a Royal Ordnance Industrial Energetics), továbbá a RAZOR SEMTEX (gyártó: Explosia, Cseh Köztársaság) flexibilis lineáris vágótöltetek főbb adatait mutatjuk be.



175. ábra

A HALEY&WELLER lineáris vágótöltet és alkalmazása<sup>680</sup>

58. táblázat

A HALEY&WELLER lineáris vágótöltetcsalád főbb jellemzői I.<sup>681</sup>

Jelölés	Töltet tömege (g/m)	Vágótöltet össztömege (m/kg)	Az ábrán jelölt méretek	
			Magasság (A), mm	Szélesség (B), mm
D 102	10	0,43	4,5	6,2
D 103	25	0,85	8,8	8,8
D 104	40	1,11	10,5	10,1
D 105	80	1,44	13,6	12,7
D 106	100	1,75	13,9	14,8
D 107	120	2,18	15,4	16,7
D 108	150	2,67	16,4	18,8
D 109	180	3,07	18,4	19,0
D 110	250	3,61	21,4	21,5

59. táblázat

A HALEY&WELLER lineáris vágótöltetcsalád főbb jellemzői II.<sup>682</sup>

Jelölés	Lágyacél átütés (mm)	Keményfa átütés (mm)	Puhafa (mm)	Egysoros téglafal (mm)	Dupla téglafal (mm)	Betonfal (mm)
D 102	2	25	25	–	–	–
D 103	3	50	38	–	–	–
D 104	5	76	76	115	–	–
D 105	10	–	–	–	–	50
D 106	12	–	–	–	–	–
D 107	13	–	–	–	–	75
D 108	15	–	–	–	–	–
D 109	20	–	–	–	230	100
D 110	22	375	–	–	–	125

<sup>680</sup> A HALEY & WELLER, DARTCORD lineáris vágótöltetcsalád prospektusa (Wilne, Draycott, Derbyshire, England).

<sup>681</sup> Uo.

<sup>682</sup> Uo.

A brit Royal Ordnance Industrial Energetics BLADE típusú vágótöltete hasonlóan imponáló hatásadatokkal rendelkezik.

60. táblázat  
A BLADE vágótöltet főbb adatai<sup>683</sup>

Megnevezés	Robbanóanyag tömege (g/m)	Átütési vastagság (mm)	
		Acél	Alumínium
BLADE 100	100	6	18
BLADE 240	240	10	30
BLADE 450	450	15	50
BLADE 1150	1150	25	100

A szerkezetre való szereléskor a szalagtöltet minimális hajlíthatóságának sugara az alábbiak szerint alakul.

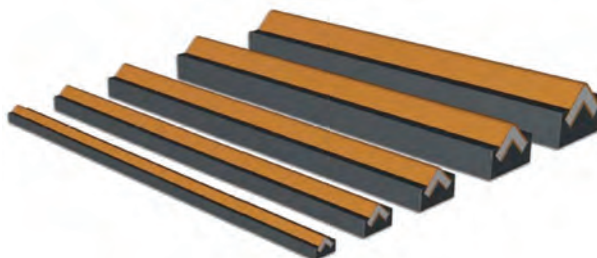
- Sík felületen, a töltetlappal megegyező irányban:
  - BLADE 100–240: 200 mm;
  - BLADE 450: 300 mm;
  - BLADE 1150: 400 mm.
- Hengeres felületen, a töltetlappra merőlegesen:
  - BLADE 100–240: 50 mm;
  - BLADE 450–1150: 100 mm.

A BLADE-töltet  $-21\text{ °C}$  és  $+63\text{ °C}$  között alkalmazható.



176. ábra  
A BLADE flexibilis vágótöltetcsalád<sup>684</sup>

A cseh Explosia a jól ismert Semtex robbanóanyaga felhasználásával állította elő RAZOR SEMTEX lineáris vágótöltetcsaládját. A töltet (hexogén, nitropenta) detonációsebessége 7900 m/s. A gyártó általában 1 m-es hosszúságban készíti, a maximális töltethossz 2 m.



177. ábra  
A RAZOR SEMTEX lineáris vágótöltetcsalád<sup>685</sup>

<sup>683</sup> BLADE, the cutting edge. A Royal Ordnance Plc. Industrial Energetics, England termékbemutató videófilmje, 1992.

<sup>684</sup> Uo.

<sup>685</sup> Az Explosia gyártmányismertető CD-je alapján.

61. táblázat

*A RAZOR SEMTEX lineáris vágótöltetek fontosabb adatai<sup>686</sup>*

	<b>RAZOR 6</b>	<b>RAZOR 10</b>	<b>RAZOR 15</b>	<b>RAZOR 25</b>	<b>RAZOR 40</b>
Össztömeg (g/fm)	140 ± 10	390 ± 25	860 ± 50	2400 ± 150	6000 ± 300
Robbanóanyag tömege (g/fm)	50 ± 5	140 ± 10	310 ± 25	860 ± 50	2200 ± 100
Acélátütő képessége (mm)	6	10	15	25	40
Hajlítási sugár (mm)					
Sík felületen	90	150	220	400	600
Hengeres felületen	20	35	50	80	120

Befejezésül két példát mutatunk be a vágótöltetek alkalmazásának előnyeiről, szemben az eddig (és még jelenleg is) alkalmazott, préstestekkel történő robbantással.

1. 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 kg-ot. A fent bemutatott HALEY & WEL- LER vágótöltet család D-105-ös tagja mindezt 80 g robbanóanyaggal elvégzi.
2. *Acélrobbantásnál* is hasonló értékeket kapunk: egy 1000 × 10 mm-es acéllemez 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 RAZOR 10 140 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 ugyanezt az eredményt.

Ehhez társul még a flexibilis vágótöltetek gyors és könnyű szerelhetősége a robbantandó szerkezetre, mely szintén a honvédségi bevezetés, alkalmazás szükségességét támasztja alá. Ha összevetjük a 2.2.1. alfejezet 67. ábráját a Blade-töltettel szerelt I tartó alábbi képeivel, akkor egyértelműen bizonyítottnak tekinthetjük ezt az állítást.



178. ábra

*BLADE lineáris vágótöltettel szerelt acéltartó robbantása<sup>687</sup>*<sup>686</sup> Uo.<sup>687</sup> Részlet a BLADE, the cutting edge. A Royal Ordnance Plc. Industrial Energetics, England termékbemutató videó filmjéből, 1992.

### 5.3. Részkövetkeztetések

Minden ország fegyveres erőinek fő feladata a nemzet szuverenitásának védelme. Így van ez Magyarország esetében is. Ennek a kötelezettségnek a teljesítéséhez a katonai szektornak fegyverekre, robbanóanyagokra stb. van szüksége, melyek hatásos alkalmazására ki kell képeznie a fegyveres erők állományát – ez viszont szükségszerűen kihat a környezetre is.

Amíg az országvédelmi képesség fenntartása megengedi, a katonai szektornak a lehetőségek határáig be kell tartania a társadalom egésze által megszabott környezetvédelmi előírásokat és törvényeket. A környezet szempontjából felelős módon cselekvő katonai szektor ugyanakkor nagy hatást gyakorolhat annak érdekében, hogy a társadalom többi része is hasonlóképpen cselekedjen.

A katonai és az ipari robbantástechnika – fejlődéstörténetét vizsgálva – sokáig egymás mellett haladt. A II. világháború után a két terület szétvált, és mindegyik a saját speciális szempontjainak figyelembevételével fejlődött tovább: míg az ipari robbantástechnika először az egyre szigorodó piaci verseny szabályozása, majd az elmúlt időszakban egyre inkább a környezetvédelmi hatások kiküszöbölésére való törekvés jegyében, addig a katonai robbantástechnika a politika által diktált katonai doktrínák követelményeinek való megfelelés szellemében. A politikai helyzet változásával lehetőség adódott rá, hogy a katonai robbantástechnika eddigi prioritásai megváltozzanak. Előtérbe kerülhettek itt is a környezetvédelmi szempontok: ezáltal a robbantástechnika két területe újból egymásra találhat, megosztva egymással tapasztalatait, módszereit.

Véleményem szerint a *katonai robbantástechnika alábbi területein adaptálhatók az ipari robbantástechnika környezetvédelmi tapasztalatai, módszerei:*

1. *A robbanóanyagok terén:* a 2004-ben elfogadott új nemzeti biztonsági stratégia tükrében nincs arra szükség, hogy a robbantási feladatokat kizárólag egyfajta robbanóanyaggal hajtsuk végre. Az ország gyártási lehetőségeit figyelembe véve elképzelhető az, hogy például a földrobbantási feladatoknál (árkok, fedezékek stb. robbantásos kialakítása) a trotil helyett az erre a célra sokkal megfelelőbb ammónium-nitrát alapanyagú robbanóanyagokat alkalmazzuk. Ma már rendelkezésre állnak olyan változatai ennek a robbanóanyag-fajtának, melyekkel tetszőleges környezeti (pl. vizes lyukak) és időjárási (negatív hőmérsékleti tartomány) viszonyok között is biztonsággal végrehajtható a robbantás. Ehhez javaslom bevezetni a fejezetben ismertetett szabvány-, pót- és szükség-robbanóanyag fogalmát, megjelölve az egyes kategóriákon belül felhasználható robbanóanyagokat is, melyek kezelésére fel kell készíteni a megfelelő állományt.
2. *A töltetek indítása (iniciálása) terén:* az eddig kizárólagosan alkalmazott pillanat hatású villamos gyutacsokkal nem volt lehetőség a robbanás káros környezeti hatásainak (szeizmikus, léglökés, stb.) csökkentésére. Sőt, ellenkezőleg: több sor töltet alkalmazása esetén – a kívánt eredmény elérésének érdekében – egyes soroknál még növelni is kellett a robbanóanyag mennyiségét, ezáltal még inkább fokozva a környezeti hatás nagyságát. Amennyiben a robbantást például az újonnan rendszeresített katonai NONEL gyújtási rendszer készleltett gyutacsainak alkalmazásával végezzük el, megelőzhetővé válnak a környezeti károk és csökkenthető a robbanóanyag-felhasználás. A tipikus robbantási feladatokhoz (pl. fedezékek robbantása) előre készletezhető a megfelelő készleltetési fokozatú gyutacsok, így a katonák egy egyszerű robbantási tervvel (pl. a már egyébként is meglévő földrobbantó töltetekhez), különösebb plusz kiképzés nélkül is képesek lennének a feladat végrehajtására. Ugyancsak fontos lenne, úgy a költségcsökkentés (a NONEL nagyon drága), mint a logisztikai feladatok egyszerűsítése céljából legalább a műszaki csapatoknál külső készleltetésű robbantógépek rendszeresítésére. Ezek segítségével a már rendszerben lévő pillanat hatású gyutacsokkal is elérhető a fenti eredmény (természetesen ezekhez is szükségesek a fent említett robbantási típusstervek, a készleltetési fokozatok helyes megválasztásához).
3. *A töltetek elhelyezése terén:* az eddig (főleg a szerkezeti elemek rombolása során) preferált külső töltetek helyett előtérbe kell helyezni a robbantandó szerkezet belsejében elhelyezett tölteteket. Mivel a feladat végrehajtására rendelkezésre álló idő jelentősen megnőtt (akár válságkezelési feladatokat hajtunk végre, akár béketeremtő misszióban tevékenykedünk), így a töltetfuratok elkészítésére fordítandó plusz idő bőven megtérül a káros környezeti hatások (szeizmikus hatás, léglökés, repeszhatás) kiküszöbölésével, illetve elfogadható határok közé való csökkentésével. Ennek érdekében a fűrészi kapacitás növelésére van szükség korszerű, nagy teljesítményű fűrő/véső eszközök rendszeresítésével. Az előkészítésre fordítandó idő ugyanakkor csökkenthető, ha például a földrobbantásoknál a töltést korszerű robbanóanyag keverő-töltő berendezésekkel (önjáró vagy vontatható) végezzük. A belső töltetek alkalmazásának további hozama a szükséges külső töltetek tömegéhez képest jelentős robbanóanyag-megtakarítás.

4. *Acélszerkezetek robbantásánál*: úgy a szerkezetek robbantáshoz történő szerelési idejének csökkentése, mint a környezetkímélőbb robbantások végrehajthatósága miatt rendszeresíteni szükséges a flexibilis vágótölteteket. Bár a jelenlegi robbantási utasításunk is foglalkozik a csapatok által készíthető kumulatív töltetekkel (lásd a 2.2.1 alfejezetben), sőt egyfajta gyors kumulatív töltet méretezési eljárást egy jegyzetemben magam is bemutattam<sup>688</sup> az orosz Szalamahin professzor elmélete alapján, ezek csak szükség esetén alkalmazandó lehetőségek. Mint ahogy prof. dr. Padányi József is kiemelte MTA-doktori értekezésében, további kutatást igényelnek „a speciális vágótöltetek fejlesztésének és alkalmazásának lehetőségei a műszaki mentés, valamint a tüzserész feladatok végrehajtása során”.<sup>689</sup> Hatásadatai és feltehetően viszonylag kedvező ára, valamint a beszerzés biztonsága miatt a szintén NATO-tag Cseh Köztársaságban gyártott RAZOR SEMTEX flexibilis vágótöltetek rendszerbe állítása mutatkozik a legkézenfekvőbbnek (még ha nem is mindegyik, de legalább két, a várható feladatokhoz leginkább illeszthetőnek tűnő típus). A nemrégiben beszerzett RAZOR25 nagy előrelépést jelent ezen a téren, hiszen vastagabb fémszerkezeti elemek esetén, egymással szembe fordítva, képesek akár egy 50 mm-es acéllemez átvágására is.
5. *Egyéb rendszabályok*: a repeszhatás elkerülése érdekében végzett tevékenységnél egyrészt nagyobb figyelmet kell fordítani a repeszvédelem tervezésére, a korszerű repeszvédő eszközök (pl. speciális geotextíliák) alkalmazására. Másrészt adaptálni kell az ipari robbantástechnikának a repeszvédelem terén elért legújabb kutatási eredményeit: például a fojtóanyag szerkezetének vagy a fojtás hosszának tervezésében (ez egyben a káros mértékű hanghatás és léglökés kialakulásának elkerülését is szolgálja, a fűrólyuk kitörésének megakadályozása által). Kísérleti egyetemi jegyzetemben mutattam erre példákat is.<sup>690</sup>

<sup>688</sup> Lukács László: *A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése*. Akadémiai jegyzet. Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Műszaki tanszék, Budapest, 1992.

<sup>689</sup> Padányi József: *A NATO-tagság hatása a Magyar Honvédség szárazföldi csapatai műszaki támogatásának elméletére és gyakorlatára*. MTA doktori értekezés, 2006, 192.

<sup>690</sup> Lukács László: *A katonai robbantástechnika és a környezetvédelem*. Egyetemi jegyzet. (A Környezetgazdálkodási Oktatás Fejlesztéséért Alapítvány pályázati támogatásával.) Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Hadtudományi kar, Műszaki harcászati-hadműveleti tanszék, Budapest, 1997.





## 6. A robbanóanyagok speciális felhasználása

Az eddigi fejezetekben elsősorban a robbanóanyagok rombolásra alkalmazását mutattuk be. A robbanóanyag szó sokak szemében egyet jelent a pusztítással, emberek halálával vagy sérülésével. A közvéleményben evvel kapcsolatban kialakult negatív képet nem javította a robbantásos terrorcselekmények elterjedése sem. Kevésbé vonunk párhuzamot azzal a ténnyel, hogy a robbanóanyagok békés célú felhasználása nélkül nem létezhetnének azok a bányák, melyek fűtőanyaggal és a mindennapi létehez nélkülözhetetlen építőanyagokkal, fémekkel látják el bennünket. Az építési robbantások nélkül nem lennének például utak és alagutak a hegyvidékeken (gondoljunk csak akár az Alpokra), de a híres, 241 km hosszú francia csatorna, a Canal Du Midi sem épülhetett volna meg, ha az egyik szakaszon nem sikerül robbanóanyagokkal utat nyitni a sziklás kőzetben.

Könyvünk utolsó fejezetében a robbanóanyagoknak a köztudatban talán kevésbé ismert felhasználását mutatjuk be: olyan békés célú robbantásokat, melyek segítségével új teret nyitunk a fémmegmunkálásban, segítséget nyújthatunk a jeges árvizek megelőzésében és még a mezőgazdaságban is hasznossá tehetjük a robbantástechnikát.

### 6.1. Robbanóanyagok alkalmazása a fémmegmunkálásban

A robbantástechnika, bár látszólag egy szűk területet jelent a műszaki tudományokon belül, mégis tovább bontható olyan szakterületekre, melyek mindegyike más és más felkészültséget igényel. Ha csak a bányászati robbantásokat nézzük, élesen különbözik egymástól a külszíni és a föld alatti bányaművelés. Teljesen külön szakterületet képvisel az építmények robbantásos bontása, a víz alatti robbanási munkák vagy a jégrobbantás. A geofizikai kutatások során éppúgy végeznek robbantásokat, mint például a kohászatban. Végezetül pedig létezik az ipari robbantástechnikának egy igen speciális, szűk területe: ez a robbantásos fémalakítás és -megmunkálás. Az 1980-as évek elején kerültem kapcsolatba az akkor még létező Villamosipari Kutató Intézet robbantó szakembereivel, akik robbantásos plattírozással és fémalakítással foglalkoztak. Egy idő után a szakmai kíváncsiság miatt kezdtük kutatni, hogy vajon a katonai területen milyen alkalmazása lehet ennek a technológiának. A rendszerváltozást követően az intézet megszűnt, a kollégák Szalay András vezetésével az S–Metalltech 98 Anyagtechnológiai Kutató-fejlesztő Kft.-ben dolgoztak tovább, és több átalakulást követően dolgoznak ma is. Közös munkánk eredményei az alábbi alfejezetekben foglaltak.

#### 6.1.1. A robbantásos fémalakítás elméleti alapjai

A szilárd testek mechanikájában feltételezzük, hogy a test egy tetszőleges pontjában ható erő egyidejűleg hozza mozgásba az adott térfogatú test minden elemét, és az erővel arányos gyorsulást eredményez. A másik oldalról a rugalmasságtanban megengedett, hogy a külső erők és a szilárd testben keletkező belső feszültségek között egyensúlyi állapot alakuljon ki. A nagy sebességgel végbemenő folyamatban a lejátszódó jelenségek a testben létrejövő lökéshullámon keresztül jellemezhetőek.

A robbanás során létrejövő hatalmas nyomás csak néhány mikroszekundumig hat. A detonációsebességgel tovaterjedő (rövid idejű) nyomásimpulzus hatására a fémfelületen kialakuló feszültségek a sebesség nagyságától függően különböző módon terjedhetnek a céltárgy belseje felé.

Ha a detonációsebesség nem éri el a hangsebességet, akkor a felületen képlékeny alakváltozás jön létre, mely elnyeli a robbanás során a fémmel közölt energia egy részét. Ez a képlékeny alakváltozás csak bizonyos mélységig terjed a fém belseje felé. Az alakváltozás mértéke a detonációs termékek közvetlen hatásának helyétől távolodva gyorsan csökken. A detonáció során keletkező, gáz-halmazállapotú termékek nyomásának következtében kialakuló húzófeszültségek hulláma ebben az esetben viszonylag kis amplitúdójú, és rendszerint nem okozza sem a fém, sem a kialakuló kötés sérülését. Ezt használják ki a robbantástechnika egy speciális ága, a robbantásos fémalakítás és -plattírozás (hegysz-

tés) során. E műveletek során igen lényeges még a fémfelületről visszaverődő, valamint a különböző közegek fázishatárán áthaladó feszültség hullámok hatása, továbbá a hullámok találkozási effektusa is. A test szabad felületével párhuzamos frontú sík lökeshullám azonos amplitúdójú síkhullám formájában verődik vissza, de ellenétes feszültségű előjellel. A nyomóhullám ugyanakkor húzóhullám alakjában verődik vissza.<sup>691</sup>

A fenti törvényszerűségeket felismerve már az 1930-as években folytak kísérletek különböző fémalakítási eljárások során a robbanóanyagok alkalmazására. Ezek eredményeként az 1950-es évek elején ipari méretekben használták fel lemezek és csövek alakítására a robbanóanyag robbanása során keletkező energiát.

Alapvetően három fő területen találkozhatunk a robbantásos fémalakítással, fémmegmunkálással:

- Fémlemezek plattírozása, hegesztése során.
- Fémlemezek és -csövek képlékeny alakításakor.
- Fém- és kerámiaporok tömörítésekor.

A következőkben ezeket a technológiákat mutatjuk be részletesebben.

### 6.1.2. Robbantásos plattírozás (hegesztés)

A villamos ipar, a járműgyártás, a reaktortechnika sokféle különleges, többkomponensű anyagot és alkatrészt alkalmaz. Különleges, többkomponensű anyagokon az alábbiakat értjük:

- Két- vagy többretegű plattírozott fémlemezek, szalagok, huzalok, illetve alkatrészek.
- Porokból, illetve granulátumokból készített fém(ötvezet)–kerámia összetételű kompozitrudak, -huzalok, illetve alakos alkatrészek.

A fenti anyagkombinációk előállítására alkalmazott technológiák egy csoportját alkotják az ún. „nagy energiasebességű megmunkálások”. Ezen megmunkálásokat nemzetközileg elfogadott rövidítéssel HERF-eljárásoknak nevezzük (High Energy Rate Formings). A HERF-eljárások két speciális területe az elektromágneses és a robbantásos fémmegmunkálás.

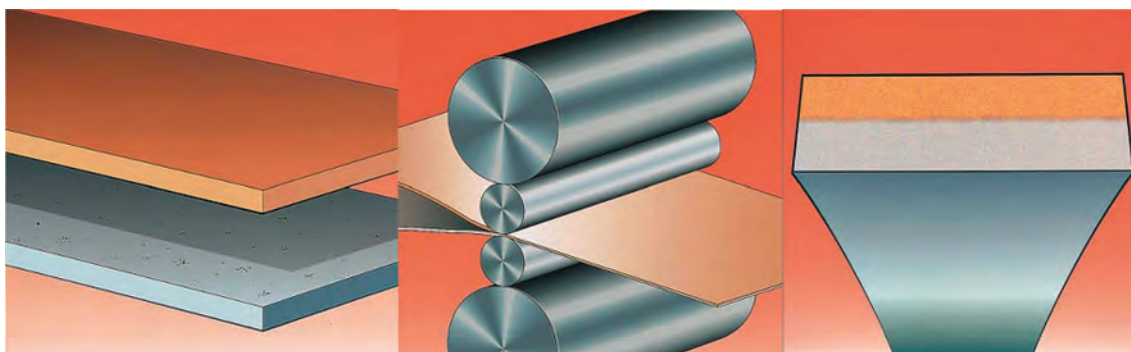
A plattírozás két vagy több különböző anyagú fémlemez egyesítését jelenti, például réz–alumínium, réz–acél, acél–alumínium, alumínium–acél–alumínium stb. kombinációkkal. A plattírozott lemezek egyesítik az őket alkotó fémek jellegzetességeit, ezáltal lehetőséget adnak a gazdaságos és célirányos alkatrésztervezésre.

Az ipar különböző területein számos igény merül fel a többkomponensű anyagok iránt. Példaként említve a repülőgépgyártást, a többkomponensű anyagok, két- és háromretegű plattírozott fémek közül az alábbiak alkalmazását emeljük ki:

- Motortúlterhelés védelem: termosztátfém (termobimetál).
- Hidraulikacsövezés elemei: szénacél–rozsdamentes acél–szénacél.
- Ajtótömítő lemez: rozsdamentes acél–alumínium.
- Üléstámla-csatlakozó rész: alumínium–szénacél.
- Magasságmérő aktív eleme: termosztátfém (termobimetál).
- Villamos megszakító: termosztátfém és ezüsttel bevont érintkező.
- Villamos árnyékolás: réz–permalloy.
- Fényjelző kontaktus: palládium–bronz.
- Kemencekioldó rugó: réz–acél–réz.
- Hűtőrendszer csövezéshez csatlakozó idomok: réz–alumínium.

A hagyományosan *hengerralással végzett plattírozás* alkalmazhatóságát korlátozza az a tény, hogy a kötendő fémek fizikai, mechanikai paraméterei nem lehetnek túlságosan eltérőek, továbbá hogy a plattírozható lemezvastagságok aránya kötött.

<sup>691</sup> A robbantásos portömörítés elméleti alapjait, ezen belül a robbanási energia fémszerkezetekre gyakorolt alakító hatását részletesen tárgyalja: Prümmer, Rolf: *Explosivverdichtung pulvriger Substanzen*. Springer-Verlag, Berlin, 1987; orosz nyelvű fordítása: *Obrabotka poroskoobraznih materialov vzrúvom (Por alakú anyagok megmunkálása robbantással)*, Mir, Moszkva, 1990.

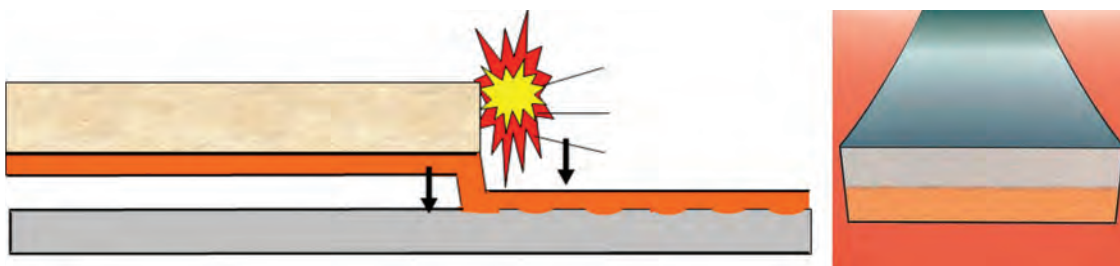


179. ábra

*A hengerléses plattírozás elve*<sup>692</sup>

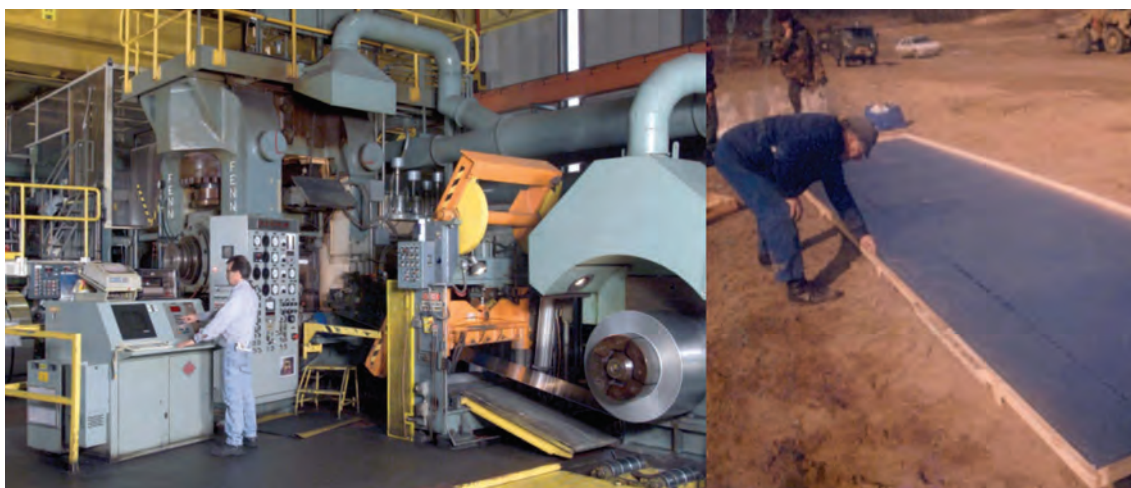
A *robbantásos plattírozás* olyan, fémek kötésére alkalmazható eljárás, mellyel a legkülönbébb paraméterekkel rendelkező fémlémezek, illetve rudak és csövek egymással szemben fekvő felületei között folyamatos, fémes kötés hozható létre. Külön kiemelendő, hogy az eljárás során olyan fémeknél is létrehozható kötés, melyeknél más, például hideg vagy meleg hengerlési, sajtolási módszerekkel ez nem valósítható meg (pl. alumínium–acél, alumínium–titan stb.).

A robbantásos eljárás a plattírozás korlátait feloldja: egyrészt igen eltérő képlékenységgű, olvadáspontú és hőtágulási együtthatójú fémek egyesítésére alkalmas, másrészt a kötendő lemezek vastagságának aránya is széles határok között változtatható.



180. ábra

*A robbantásos plattírozás elve*<sup>693</sup>



181. ábra

*A hengerléses és a robbantásos plattírozás berendezései*<sup>694</sup>

<sup>692</sup> Lukács László – Szalay András – Zádor István: A repülőgépek gyártásánál alkalmazható két- és háromrétegű fémanyagok előállítása robbantásos plattírozással. *Repüléstudományi Közlemények*, XXIV. évfolyam, 2. szám, 2012, 2. sz. ábra, 449.

<sup>693</sup> *Uo.*, 3. sz. ábra, 49.

<sup>694</sup> *Uo.*, 4. sz. ábra, 49.

### 6.1.2.1. A robbantásos plattírozás elve

Azonos vagy eltérő anyagminőségű fémek felületi kötését ki lehet alakítani oly módon, hogy a kötendő felületeket nagy sebességgel egymásnak ütköztetjük.

A plattírozás energiaforrása a robbanóanyag, „szerszáma” a detonáció kiváltásával létrehozott nagy energiataartalmú nyomáshullám. A robbanóanyag detonációja állandó, reprodukálható sebességgel játszódik le. A keletkezett gázok nyomása:

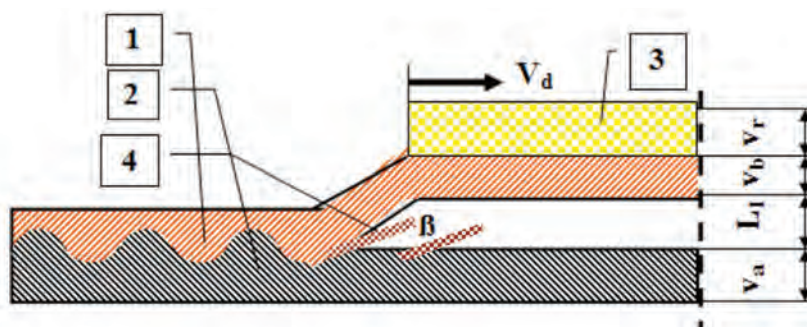
$$p = V_d^2 \rho_0 (p - p_0) / p \quad [93]$$

$V_d$ : a robbanóanyag detonációsebessége;

$\rho_0$ : a robbanóanyag sűrűsége;

$p$ : a detonáció kiváltásával létrehozott gázok sűrűsége.

A nyomás ( $p$ ) értéke  $10^4$ – $10^5$  bar nagyságrendű. Az eljárás alapelvét a 182. ábra szemlélteti. A robbanás iniciálása után a detonáció  $v_d$  sebességgel terjed a robbanóanyagban. A létrejött gáz-halmazállapotú termékek nyomása nagy sebességgel terjed át az (1) jelű burkolólemeze – az ún. „repülőlemeze” –, ami néhány száz m/s sebességre gyorsul fel, és az  $l_1$  „légrésen” átrepülve a sebességtől, tömegtől, elrendezéstől függő,  $\beta$  szögben csapódik rá az alaplemeze.

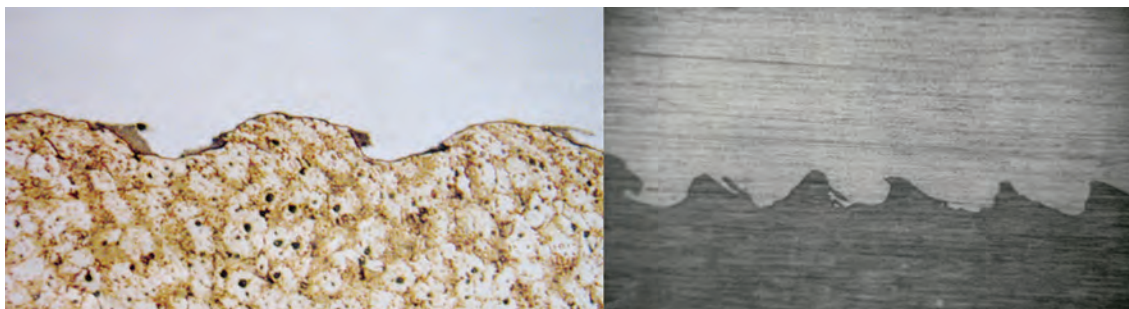


182. ábra

robbantással plattírozott kötés kialakulása

1: bevonó- vagy repülőlemez; 2: alaplemez; 3: robbanóanyag; 4: megolvadt fém sugar

A bevonólemez (1) és az alaplemez (2) összecsapódásánál fellépő nagy nyomás miatt az alaplemez benyomódik, és a benyomódás mellett kidudorodás jön létre. Ugyanakkor az összecsapódási zónából kifröccsen a megolvadt (4) fém sugar, ami az alaplemez és a bevonólemez anyagából tevődik össze. A fém sugarat a folyamat előrehaladása során az alapfém kidudorodása fokozatosan eltéríti, és a rá csapódó bevonólemez bezárja. Ezután a becsapódási pont a kidudorodási pont tetejére tevődik át, majd az egész ciklus megismétlődik, és jellegzetes, hullám formájú kötés jön létre (lásd a 183. ábrát).



183. ábra

Robbantással plattírozott alumínium–réz és acél–alumínium anyag kötés zónája (50-szeres nagyításban)<sup>695</sup>

Jó minőségű kötés létrehozása érdekében a technológia paramétereit úgy kell méretezni, hogy az összecsapódás pontjában a fémek képlékeny alakváltozása bekövetkezzék, de a létrejövő feszültségek a fémeket

<sup>695</sup> Uo., 6. sz. ábra, 450.

ne roncsolják. Ezek a feltételek a  $V_d$  detonációs sebesség és a  $V_\delta$  összecsapódási sebesség megfelelő értékével, valamint a kötendő felületek tisztításával biztosíthatók.

A detonáció sebességével tovaterjedő nyomásimpulzus hatására a fémfelületen kialakuló feszültségek a detonáció sebességétől függően, különböző módon terjedhetnek a fém belseje felé.

- Hangsebesség alatti detonáció esetén ( $V_d < V_h$ , ahol  $V_h$  a hang terjedési sebessége az adott fém-ben) képlékeny alakváltozás alakul ki a felületen, amely elnyeli a robbanás során a fém-mel közölt energia egy részét. A képlékeny alakváltozás csak bizonyos mélységig terjed a fém belseje felé. A fém-ben továbbhaladó nyomáshullám  $V_d < V_h$  esetén nem veszélyes sem a fémre, sem a kötésre.
- Hangsebesség feletti detonációs sebesség esetén ( $V_d > V_h$ ) képlékeny alakváltozás nem alakul ki. Ekkor a fém-ben erősen lokalizált lökéshullámok keletkeznek, melyek a fém megrongálódásához vezethetnek.

A sikeres plattírozás egyik feltétele tehát, hogy  $V_d/V_h$  kisebb legyen, mint 1.

A lemezek összecsapódásának pontjában kialakuló nyomást a repülő burkolólemez ( $V_\delta$ ) sebessége határozza meg. A sebesség értékét a burkolólemezre ható erőimpulzusból lehet meghatározni:

$$J = \int_0^t p dt \quad [94]$$

J: a burkolólemez egységnyi felületére ható erőimpulzus,  
p: a detonáció kiváltásával létrehozott gázok nyomása.

A (p) nyomás nagysága a robbanóanyag paramétereitől függ, hatásának időtartama pedig a töltet vastagságával arányos.

A plattírozandó felületeknek a művelet előtt fémtisztáknak kell lenniük, mert a szennyeződések káros hatását sem a megolvadt fémsugár, sem a becsapódáskor kialakuló együttes alakváltozás nem tudja ellensúlyozni.

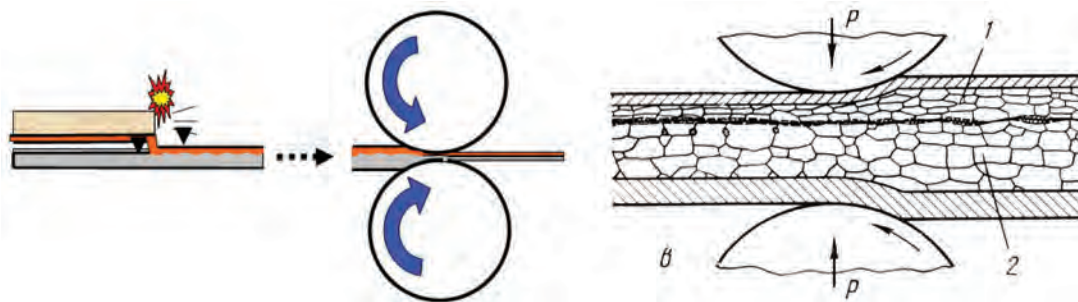
A jó minőségű kötés létrehozása érdekében tehát a technológia alapparamétereit, azaz a  $V_d$  detonációs sebességet, a  $V_r$  robbanóanyag-rétegvastagságot, az  $L_1$  kiindulási lemeztávolságot, a  $V_b$  bevonólemez-vastagságot, a  $V_a$  alaplemez-vastagságot úgy kell méretezni, hogy az összecsapódás pontjában a fémek képlékeny alakváltozása bekövetkezzék, de a létrejövő feszültségek a fémeket ne roncsolják.

### 6.1.2.2. A bimetalok minősítési követelményeinek meghatározása

A plattírozott lemezek alapvető vizsgálatai a kötésszilárdság ellenőrzésére irányulnak. Ezen vizsgálatok:

- az ultrahangos vizsgálat;
- a nyíróvizsgálat (AD 2000 Merkblatt W8);
- at alapvizsgálat: PED 97/23 EC.

A robbantással plattírozott lemezek félkész termékek, további megmunkálást igényelnek. Ezen megmunkálás leggyakrabban a hengerlés, mellyel a plattírozott lemezeket a késztermék kívánt vastagságára hengerlik, egyúttal a felületminőséget javítják (184. ábra).



184. ábra

A robbantással plattírozott anyagok továbbalakítása hengerléssel<sup>696</sup>

<sup>696</sup> Uo., 13. sz. ábra, 456.



185. ábra

*Alumínium–réz plattírozott anyag és a belőle hengerelés után sajtolással készített alkatrészek<sup>697</sup>*

### 6.1.3. Fémlemez és fémcső képlékeny alakítása

A robbantásos fémalakítás elméletével és gyakorlatával az 1940-es évek végén kezdtek el foglalkozni a kutatók a Szovjetunióban és az Amerikai Egyesült Államokban. A kutatások kiváltó oka az ebben az időben megjelenő nagy szilárdságú fémek és a belőlük készíthető, egyre nagyobb méretű munkadarabok igénye volt. A robbanási lökéshullám energiájában próbálták – ma már mondhatjuk, hogy sikerrel – megtalálni azt az erőt, mely segítséget nyújthat e probléma megoldásában.

#### 6.1.3.1. A fémlemez robbantásos alakításának történeti fejlődése

A fémlemez robbantásos alakítása korunk technológiai vívmányának tűnik, de egyes források arról tudósítanak, hogy több mint egy évszázaddal ezelőtt már ismerték és alkalmazták fémek megmunkálására a robbanás erejét. Állítólag 1878-ban, Manchesterben egy bizonyos Daniel Adamson robbanással formált nagy szilárdságú kazánlemezeket. Később Kentben Claude Johnson formázott robbantással nehezen megmunkálható fémeket. Ugyanezen forrás szerint ennek eredményeként jegyezték be Angliában az első robbantásos fémalakítási szabadalmat 1889. szeptember 23-án, fémcső robbantásos tágitása kerékpárváz gyártásakor témában (British Patent no. 21840). 1909. november 9-én az USA-ban jegyeztettek be szabadalmat síklemezek robbantásos alakításával kapcsolatban (US Patent no. 939,702). Johnson találmányát az 1950-es évek elején adaptálta a Moore Company of America, és nagyméretű ventilátortárcsákat kezdett robbantással előállítani, ezzel 15%-os költségcsökkentést érve el a hagyományos, mechanikus gyártáshoz képest.<sup>698</sup>

Az igazi fellendülést azonban a II. világháborút követően figyelhetjük meg a robbantásos fémalakítás terén, amikor a technikai fejlődés új igényeket állított a szakemberek elé. A repülőgép- és hajógyártás egyes munkadarabjainak, valamint az egyéb területeken jelentkező, például nagyméretű tartályok gyors és nagy pontosságú, lehetőleg egy munkafázisban történő előállítására a korábbi fém megmunkálási eljárásokkal egyre kevésbé volt sikeresen végrehajtható.

Nem elhanyagolható szempontként kellett figyelembe venni a gyártás gazdaságosságát sem, mely egyre újabb lehetőségek, módszerek keresését követelte meg az üzemektől és a kutatóintézetektől. Minél kevesebb részegységből, minél kevesebb hegesztési munkával és az ezt követő, elengedhetetlenül szükséges felület-megmunkálási feladattal sikerült egy adott formát elkészíteni, az annál kevesebb időt és élőmunkát követelt, ezáltal pedig annál olcsóbban volt előállítható.

A repülő- és járműiparban előtérbe került az ideális felület és forma kialakításának igénye is, melynek révén csökkenthető a légellenállás, így gazdaságosabban üzemeltethető a jármű. Könnyen belátható, hogy ehhez is a lehető legkevesebb részegységből célszerű kialakítani a munkadarabot.

A vegyipar egyre nagyobb méretű, több méter átmérőjű tartályokat igényelt, melyek kialakításánál megint csak nem volt célszerű például a tartályfenékek több cikkből, hegesztéssel történő előállítására, a hosszú és gazdaságtalan utómunkálatokkal.

A megoldást természetesen a fémlemez préssel történő kialakítása jelentette volna (mélyhúzási technológia), csak hogy ilyen méretek és az alapanyagként a piacon megjelenő nagy szilárdságú fémek tulajdonságai miatt a kor rendelkezésre álló berendezései erre a feladatra alkalmatlannak bizonyultak.

<sup>697</sup> *Uo.*, 14. sz. ábra, 457.

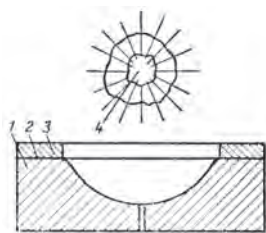
<sup>698</sup> Mynors, D. J. – Zhang, B.: Applications and capabilities of explosive forming. *Journal of Material Processing Technology*, 125–126, 2002, 1–25.

Az '50-es években megjelenő új, 150–200 kg/mm<sup>2</sup> szilárdságú rozsdamentes acélok, nem is beszélve a króm-acélokról és a titán-ötvözetekről, rendelkeztek azon kellemetlen tulajdonsággal is, hogy a korábban alkalmazott módszerekkel nem vagy csak nehezen voltak megmunkálhatóak. Az új ötvözetek egy részénél a hagyományos, meleg megmunkálás során káros, az anyagminőséget rontó változások következtek be az anyag szerkezetében, így csak a normál hőmérsékleten történő megmunkálás jöhetett szóba. De hogy lehet hideg körülmények között plasztikus, nagy pontosságú alakváltoztatásra kényszeríteni egy egyébként is nagy szilárdsági mutatókkal rendelkező fémeket?

Az orosz Pihtovnyikov és Zavjalova már 1964-ben megjelent könyvükben szembesítenek azzal a problémával, melyet a nagy szilárdságú fémlemezek présgépben történő képlékeny alakítása jelent.<sup>699</sup> Azt írják, hogy nincs olyan berendezés, mely lehetővé tenné olyan hatalmas nyomás létrehozását, mely a lemez teljes vastagságában biztosítaná a plasztikus zóna létrehozását. Példájukban írják, hogy akár csak néhány milliméter vastagságú, nagy szilárdságú lemez fenti követelmények szerinti préseléses megmunkálásához is hatalmas méretű gyártóberendezésre lenne szükség: egy 2,5 × 2,5 m-es, 120 kg/mm<sup>2</sup> szilárdságú acéllemezt 50 000 tonnás nyomóerővel rendelkező présgéppel lehetne megmunkálni, mely csekély 15 000 tonnás önsúllyal rendelkezne. Egy ilyen hatalmas berendezés előállítás, üzemeltetése és üzemben tartása hatalmas anyagi és munkaerő-ráfordítást igényelne.

A jelzett problémák megoldása érdekében folytatott vizsgálatok során megállapították, hogy az ipari igényeknek vannak olyan sajátos területei, például a repülőgép- vagy a hajógyártás, ahol viszonylag kis darabszámú, viszont nagyméretű, egy darabból préselt alkatrészek elkészítésére van igény. Ezekhez nem lehet gazdaságos présgépes technológiát rendelni, így más utat kell találni.<sup>700</sup>

1948–1949-ben a Harkovi Repüléstudományi Intézet kísérleteket hajtott végre ilyen jellegű alkatrészek robbantással történő kialakítására.<sup>701</sup> Kezdetben a présgépeknél alkalmazott formákat használták fel arra, hogy a lemezeket a kívánt formára alakítsák brizáns robbanóanyagok alkalmazásával. Közvetítő közegként először a levegőt, majd később vizet alkalmaztak (lásd 186. ábra). A módszer nagy előnyének tűnt a présgépes alakításhoz képest annak olcsósága és rugalmassága (akár beton- vagy műgyantaformába robbantva, különösebb technikai feltételek nélkül, kis szériában is gazdaságosan gyárthatók nagy pontosságú, megfelelő felületi simaságú, viszonylag bonyolult alkatrészek).



186. ábra

*Robbantásos lemezalakítás elvi vázlat*<sup>702</sup>

1: forma; 2: rögzítő (ráncfogó) keret; 3: az alakítandó lemez; 4: robbanóanyag-töltet

Ugyanakkor a kutatók vizsgálták azt is, hogy a nagy szilárdságú, hideg fémlemezre ható extrém rövid időtartamú, nagyon magas robbanási nyomás hogyan hat a fémre: nem csökkennek-e ennek hatására a fém plasztikus tulajdonságai, egyáltalán nem megy-e tönkre maga a robbantandó lemez, nem változik-e meg a fém kristályszerkezete, nem keletkeznek-e benne káros mikrorepedések.

A nemzetközi ipari és tudományos intézetek széles körű kutatásokat végeztek e kérdések tisztázására. Az Amerikai Egyesült Államokban 1956-tól kezdődő kutatások végkövetkeztetése szerint a robbanási energia különösen hatékonynak bizonyult a nagy szilárdságú, de még a kis plaszticitással rendelkező fémek alakítására is.<sup>703</sup> A robbanási nyomás hatására a fémlemez egyenletesen deformálódva, a présgépes alakításkor a sarkoknál időnként előforduló törések nélkül felvette a forma alakját, felületi minősége (simasága) pedig a forma felületi minőségét.

<sup>699</sup> Pihtovnyikov, R. V. – Zavjalova, V. I.: *Stampovka lictovova Metala vzrivom*. Masinoszroenyie, Moszkva, 1964, 7.

<sup>700</sup> Sztepanov, V. G. – Szpilil, P. M.: *Gidrovzrivnaja stampirovka elementov szudovih konsztrukcij (Hajószerkezetek robbantásos alakítása)*. Leningrád, Szudosztrojenie, 1960, 290.

<sup>701</sup> Pihtovnyikov, R. V. – Zavjalova, V. I.: *Stampovka lictovova Metala vzrivom*. Masinoszroenyie, Moszkva, 1964, 9.

<sup>702</sup> *Uo.*, 2. sz. ábra, 9.

<sup>703</sup> Holtzman, A. H. – Cowan, G. R.: *Bonding of metals with explosives*. NY. Welding Res. Council, 1965, 21. (*WRC Bulletin*, 104, Apr. 1965.); Holtzman, A. H. – Cowan, G. R.: *Response of metals to high velocity deformation*. Interscience Publ., New York, 1961. No. 4., 447–456.



A robbantásos fémalakítással kapcsolatos fejlesztésekbe sorban kapcsolódtak be más kutatók is, például Lengyelországban,<sup>704</sup> Csehszlovákiában,<sup>705</sup> Angliában,<sup>706</sup> Franciaországban,<sup>707</sup> Dániában,<sup>708</sup> Svédországban,<sup>709</sup> a Német Szövetségi Köztársaságban,<sup>710</sup> a Német Demokratikus Köztársaságban<sup>711</sup> és Japánban.<sup>712</sup>

Magyarországon a Gépipari Technológiai Intézetben (Czeplédi Istvánné)<sup>713</sup> és a Villamosipari Kutatóintézetben (Szalay András, Bérczes Imre, Puskás József),<sup>714</sup> továbbá a Budapesti Műszaki Egyetemen (dr. Susánszky Zoltán)<sup>715</sup> folytak kutatások, fejlesztések.

### 6.1.3.2. A robbanás mint anyagformáló erő

A kémiai robbanás eredményeként, egy nagy sebességű reakció során, hirtelen (százvezred másodperc alatt), nagy hőfejlődés mellett nagy mennyiségű gáz képződik. A magas hőmérsékleten a gázok kitégúlnak, a levegőben egy lökeshullámot generálva. Ennek energiáját használják fel – többek között – a fémalakító, -megmunkáló robbantások során is.

A folyamat nagyságrendjét érzékeltetik orosz szerzők művükben:<sup>716</sup> egy kilogramm TNT<sup>717</sup> (melynek térfogata  $6,6 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ ) robbanása során, mely  $10^{-6}$  másodperc alatt megy végbe, mintegy  $3000 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű gáz képződik. Ez a gáz, mely normál,  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékleten  $8,4 \text{ m}^3$  térfogatú lenne, a jelzett magas hőmérséklet hatására hirtelen kitégúlnak. Az ideális gázokról szóló Boyle–Mariotte-törvény alapján a robbanási termékek nyomása ilyen paraméterek mellett:  $1,3 \text{ GN/m}^2$ .

Mynors és Zhang ennél is magasabb értékeket közöl, mikor a magas és közepes hatóerejű brizáns robbanóanyagok alkalmazásának előnyeit mutatják be a robbantásos fémalakítási technológiákban: a dinamit, nitropenta, trotil és hexogén robbanóanyagokat említve  $13,8\text{--}27,6 \text{ GN/m}^2$  nyomás értékről írnak.<sup>718</sup> Ez a nyomásérték a másodperc milliomod része alatt keletkezik, és hatalmas erejű lökeshullámként hatva

<sup>704</sup> BABUL, W.: *Odstalcanie metali wybuchem (Robbantásos fémalakítás)*, Varsó, WNT, 1980, 378.; Kuszczak, A.: Wybrane zagadnienia tluczenia wybuchowego. Proba okreslenia współczynnika stateczności obrzeza (A robbantásos sajtolás különleges problémái. A szegélyállóság együtthatója meghatározásának kísérlete). Varsó, *Biul. IMP*, 1965. ápr. szám, 69–74.; Malentovitz, R.: Zastosowanie Metody tluczenia wybuchowego (A robbantásos sajtolási módszer alkalmazása). Varsó, *Biul. IMP*, 1963/4. sz., 18–21.

<sup>705</sup> Beranek, J.: *Tvárení vybuchem (Robbantásos alakítás)*. Prága, Práce, 1964, 48.; Smrcka, J. – Vaclavek, M.: *Explozivní tvárení plechi a trub (Fémlemezek és csövek robbantásos alakítása)*. Prága, SNTL, 1964, 84. (Kinznice stroy. výroby 100. k.)

<sup>706</sup> Blazynski, T. Z. – Sewailem, M. R.: *Air cushion effect in the explosive forming of metal sheet*. L., E. F. Southend., 1969, 8. (Repr. *The Engineer*, Jan. 10. and 17. 1969.); Blazynski, T. Z.: *Scaling problems in the development of the free implosive forming of rootes blower impellers*. Oxford, Pergamon Press, 1970, 15. (Repr. 10th Intern. Machine Tool Design and Res. Conf. Proceedings, 1969.); Blazynski, T. Z. (ed.): *The use of high-energy rate methods for forming, welding and compaction*. Leeds, The University of Leeds, 1973, rep. p. (Papers presented at a conference, 27–29. March 1973.)

<sup>707</sup> Pégoud, J.: *Mise en oeuvre des matériaux par explosion (Fémalakítás robbantással)*. Párizs, Machine Moderne, 1973. okt., 15–18.

<sup>708</sup> Altling, L.: *Hojeffektform giving at metaller (Fémek robbantásos alakítása)*. Lyngby, Danmarks Tekn. Hojskole, AMT, 1967, 16.; Egly, N. S.: *Eksplionsformgiving*. Lyngby, Danmarks Tekniske Hojskole, Afdelingen for Mekaniks Teknologi, 1970, 40.

<sup>709</sup> Enhamre, E.: *Effects of underwater explosions on elastic structures in water*. S., AB. H. Lindstahls, 1954, 79. (Kungl. Tekniska Högskolans Handlingar serie No. 82.); Granström, S. A.: *Loading characteristics of air blasts from detonating charges*. S. AB. H. Lindstahls, 1956, 93. (Kungl. Tekniska Högskolans Handlingar serie No. 100.)

<sup>710</sup> Prümmer, E.: *Explosivbearbeitung von Werkstoffen (Fémek robbantásos megmunkálása)*. NSZK, Z. f. *Werkstofftechnik*, 1973., 4. k. 5. sz., 236–243.; Schinnerling, J.: *Die Explosivformung – eine neue Verfahrenstechnik der Umformung (A robbantásos alakítás – új fémalakítási technika)*. NSZK, Werkstatt und Betrieb, 1971, 104. k. 3. sz., 183–186.

<sup>711</sup> *Herstellung von Blechachstragkörpern getriebener Achsen für Kraftfahrzeuge unter Anwendung der Explosivumformung (Gépkocsi hátsó hidak robbantásos alakítása)*. Ludwigsfeld, VEB IFA. Automobilwerke, 1977, 10.; Meyer, G. – Schwalbe, M.: *Anwendungsmöglichkeiten der Explosivumformung (A robbantásos alakítás alkalmazási területei)*. NDK, *Fertigungstechnik und Betrieb*, 1970, 20 k., 3. sz., 156–158.

<sup>712</sup> Szakurai, T.: *Baku-hacu kako (Robbantásos fémalakítás)*. Tokió, Nikkan Kogyo Sinbunza, 1969, 143.

<sup>713</sup> Czeplédi G.: A robbantásos lemezalakítás fejlesztésének újabb eredményei. Budapest, GTI, *Gyártástechnológia*, 1976, XVI. évf., 8. sz., 369–371.; Czeplédi G. – Göbl N.: Nagysebességű lemezalakító eljárások. Budapest, GTI, *Gyártástechnológia*, 1972. XII. évf., 7–8. sz., 329–335.; Czeplédi G.: *Robbantásos illesztések, sajtolások*. Budapest, 15. hazai építőipari robbantástechnikai konferencia előadásai, 1981, 3.; Czeplédi G.: *Robbantásos fémalakítás minőségi értékelésének szakértői kérdései*. Budapest, 3. Építőipari robbantástechnikai kollokvium, ÉTE, 1983, 2.

<sup>714</sup> Puskás J. – Szalay A.: *Robbantásos csőalakítás és plattírozás a Villamosipari Kutató Intézetben*. Budapest, 15. hazai építőipari robbantástechnikai konferencia előadásai, 1981, 1.

<sup>715</sup> Susánszky Zoltán: *Robbanóanyagok alakítják a fémeket*. Budapest, *Természet Világa*, 1971/10. sz., 449–451.; SUSÁNSZKY Zoltán: *Az energiairányítás a fémek robbantó alakításakor. Haditechnikai Szemle*, 1969/3. sz., 98–103.; SUSÁNSZKY Z.: *A robbantó mélyhűzés energiaközvetítő folyamatának műszeres vizsgálata*. Doktori értekezés. Budapest, BME, 1973.

<sup>716</sup> Krupin, A. V. – Szolovjov, V. J. – Seftel, N. I. – Kobeljov, A. G.: *Deformácija metalov vzrívom*. Metallurgia, Moszkva, 1975, 9.

<sup>717</sup> Trotil: közepes hatóerejű, brizáns robbanóanyag.

<sup>718</sup> Mynors, D. J. – Zhang, B.: Applications and capabilities of explosive forming. *Journal of Material Processing Technology*, 125–126, 2002, 1–25.

a környezetében, az útjába kerülő akadályokat szétúzza vagy deformálja. A robbanóanyag jellemzői, a töltet alakja, a céltárgy távolsága és annak anyagjellemzői fogják meghatározni, hogy ez a lökeshullám pusztítani vagy csak számunkra ideális módon formálni fog.

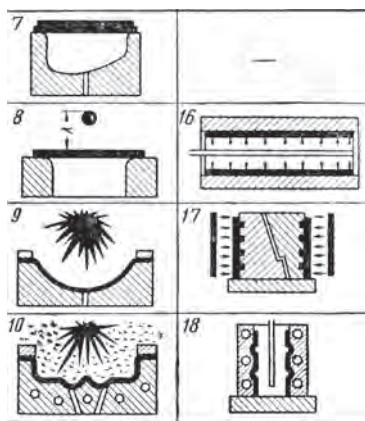
A 62. táblázatban néhány robbanóanyagok a robbantásos fémmegmunkálás szempontjából fontos adatát mutatjuk be.

62. táblázat  
Robbanóanyagok és jellemzőik<sup>719</sup>

Robbanóanyag	Töltet típusa	Deformációs sebesség [m/s]	Energia [J/g]	Nyomás [GPa]
Trotíl	öntött	7010	780	16
Hexogén	préselt	8382	1265	23
Nitropenta	préselt	8290	1300	22
Pentolit (50/50)	öntött	7620	945	20

### 6.1.3.3. A fémalakító robbantási technológia alapjai

A brizáns robbanóanyagok segítségével végrehajtott fémalakítás lehetőségeit mutatja be a 187. ábra.



187. ábra

Robbantásos fémmegmunkálási eljárások<sup>720</sup>

Az ábra bal oldalán a síklemezek, a jobb oldalon pedig fémből készült térbeli alakzatok robbantásos formázási lehetőségei láthatók.

A 7-es számmal jelzett kis ábra a fémlemen elhelyezett kontakt (szabadon felfektetett) töltet hatását szemlélteti. Ebben az esetben a céltárgyra mintegy  $147,1 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  nyomás hat. A deformálódás mértékét a robbanóanyag-réteg vastagságának változtatásával érhetjük el. A módszer hátránya (nem számolva a nagy robbanóanyag-szükségletet), hogy már minimális robbanóanyag-többlet is a munkadarab sérülését, rongálódását eredményezheti. A kontakt (ráhelyezett) töltetekkel a fémlemezek robbantásos plattírozásában érhetünk el kiváló eredményeket, a fémalakításban kevésbé hatékonyak.

A további alkalmazásoknál a töltet nem érintkezik a céltárggyal, attól pontosan meghatározott távolságban helyezkedik el. A kutatók vizsgálták, hogy a robbanási lökeshullám mely közegek alkalmazásával végzi a legtökéletesebb alakítást.

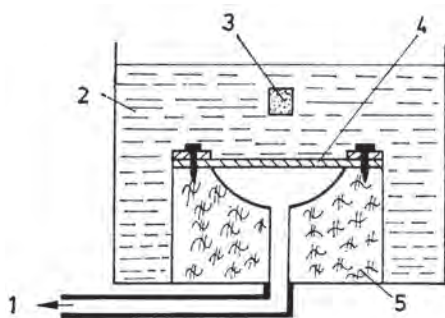
A 8. és a 16. kis ábrákon a töltet és a céltárgy között csak levegő van. A kísérletek azt igazolták, hogy a gáztermékek alakító képessége ebben az esetben sem éri el a 9. és 17. kis ábrákon szemléltetett módszerét, mikor a robbanási nyomást folyadékok segítségével közvetítették a lemezre.

<sup>719</sup> Daehn, G. S.: *High Velocity Metal Forming*. ASM Handbook, Volume 14B, Metalworking: Sheet Forming. ASM International, 2006, I. táblázat alapján, 410.

<sup>720</sup> Pihovnyikov, R. V. – Zavalova, V. I.: *Stampovka lictovova Metala vzrivom*. Masinoszroenyie, Moszkva, 1964, 5. sz. ábra alapján, 19.

A folyadékban végrehajtott robbantásos félalakítás technológiája, bár az előkészítő munkákat tekintve hosszadalmasabb, mint egy présgéppel végzett megmunkálás, az alkalmazott anyagokat tekintve viszonylag egyszerű. A hagyományos sajtolóiparban alkalmazott többrészes, bonyolult és költséges szerzők helyett az alakító forma (matrica) csak egy aktív elemből áll, és tulajdonképpen a késztermék negatív formája. Ennek alapanyaga a kis darabszámú gyártás esetén lehet akár műanyag vagy beton is (a munkadarab jellegétől függően).

Síklemezék robbantásos alakításakor a matrica felső síkjára hermetikus tömítés segítségével illeszkedik a kiinduló lemez, melyet a végtermék formájának megfelelő, úgynevezett ránc tartó rögzít a formához. A ránc tartó akadályozza meg, hogy a lemez a robbantási folyamat során károsan deformálódhasson. A munkavégző robbanóanyagot a kalkulált mennyiségben és meghatározott formában a lemez fölé helyezik, majd az egész berendezést egy vízzel teli medencébe süllyeszti (lásd a 188. ábrát). A folyamat kiegészülhet a levegő kiszivattyúzásával a lemez és a matrica közötti térből.



188. ábra

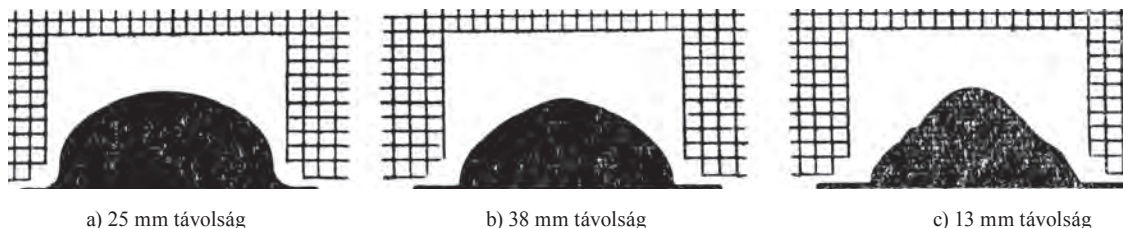
*Robbantásos lemezalakítás folyadék közegben*<sup>721</sup>

1: vákuumszivattyú; 2: víz; 3: robbanóanyag; 4: alakítandó lemez; 5: forma (matrica)

A robbantás következtében a keletkező gáztermékek a környező víztömegben egy nagy sebességgel haladó, 100–3000 atmoszféra csúcnyomású hullámfrontot hoznak létre, mely a lemezt több száz m/s sebességre gyorsítja fel, és mintegy „belelövi” a szerszám alakító terébe. Ilyen sebesség mellett a lemez, beleütközve a matricába, annak legkisebb részletét is teljesen kitölti.<sup>722</sup>

A kutatók vizsgálták a robbanóanyag és a céltárgy optimális távolságát, és a robbanási energiát közvetítő folyadékok terén is próbálták a legideálisabbat megtalálni.

A robbanóanyag és a céltárgy közötti távolság meghatározásánál az egyik kísérlet során egy alumíniumöntvény céltárgytól robbantottak gömb alakú, plasztikus robbanóanyagból készült töltetet, 13, 25 és 38 milliméter távolságban. A 25 mm távolságban elhelyezett töltet tökéletesen kialakította a lemezből a matrica által kínált formát. 38 mm távolságból az alakítás nem volt tökéletes, a legkisebb távolságnál pedig megsérült a munkadarab (lásd a 189. ábrát).



189. ábra

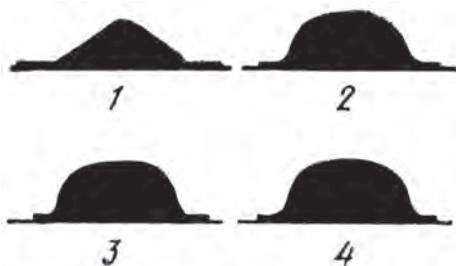
*Alakítás a robbanóanyag és a céltárgy távolsága függvényében*<sup>723</sup>

Azonos céltárggyal, robbanóanyaggal és töltet–céltárgy távolsággal levegő, víz, kerozin és glicerin alkalmazásával hajtották végre a robbantást (lásd a 190. ábrát).

<sup>721</sup> Bohus – Horváth – Papp: *Ipari robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983, 2.30. sz. ábra, 57.

<sup>722</sup> Susánszky Zoltán: Robbanóanyagok alakítják a fémeket. *Természet Világa*, 1971/10. sz., 449–451.

<sup>723</sup> Pihovnyikov, R. V. – Zavjalova, V. I.: *Stampovka lictovova Metala vzrivom*. Masinoszroenyie, Moszkva, 1964, 67. sz. ábra alapján, 133.



190. ábra

*Kísérlet a robbanási hatást közvetítő közegre*<sup>724</sup>

1: levegő; 2: víz; 3: kerozin; 4: glicerin

A kísérlet egyértelműen alátámasztja korábbi megállapításunkat, mely a levegő mint robbanási nyomást közvetítő közeg nem optimális voltát jelezte.

A robbanóanyag által keltett lökeshullám mint fémalakító „szerszám” hatásmechanizmusáról Susánszky Zoltán az alábbiakat írja egy 1984-es tanulmányában: „A robbantótechnológia területén végzett kutatások ma elsősorban az energiaátvitel mechanizmusának a mélyebb feltárására irányulnak. Az eddigi eredmények alapján ugyanis joggal feltételezhető, hogy az eljárás számos nyitott kérdése és nehezen irányítható részfolyamata az alakító-impulzus sajátosságainak megismerésével megválaszolható, illetőleg irányítható lesz.

A kutatóknak e téren fel kell adniuk a szokásos technikai szemléletet és nagyságrendeket, mert ezekben a folyamatokban a nagy nyomások és igen rövid időtartamok fizikájának a törvényei érvényesek. Az alakításnál használatos ún. brizáns robbanóanyagokban ugyanis a detonáció során 100 000–300 000 atmoszférás nyomások uralkodnak, melyek még a környező közegben is 200–4000 atmoszférás lökeshullámot indukálnak. Ilyen nyomásintervallumban nem érvényes pl. a folyadékok összenyomhatatlanságának a törvénye sem; a hullámok sűrűsödési frontok formájában jelennek meg. Az epicentrum környezetében a lökeshullámok a vízre jellemző hangsebesség (1500 m/s) többszörösével futnak szét, így érthető, hogy az alakítandó lemezt a földi gravitáció (9,81 m/s<sup>2</sup>) több tízezerszeresével gyorsítják fel.

Ilyen gyorsulások és tömegerők esetén elképzelhetők olyan rendkívül gyorsan lejátszódó reverzibilis fémfizikai folyamatok, amelyek megmagyaráznák a legellenállóbb fémek csak robbantásnál meglévő kedvező alakítási sajátosságait.”<sup>725</sup>

#### 6.1.3.4. Robbantásos fémmegmunkálással kapcsolatos szakirodalom Magyarországon

A robbantásos fémalakítás súlypontja ma már a kutatóhelyek falai közül az iparszerű gyártás területére került át. Ennek megfelelően átalakultak az ismeretszerzés és -közlés lehetőségei és formái is. Az 1960-as és 1970-es években megjelent szakkönyvek, tanulmányok részletes számítási eljárásokat és technológiai módszereket mutattak be.<sup>726</sup> Ma, mikor a robbantással formázott fém alkatrészek kísérleti mintadarabból, egyfajta technikai kuriózumból termékké váltak, akkor elsősorban piackeresési, piacszerzési ismertetőkkal találkozunk az irodalomkutatást végző.

Hazánkban egyedülként az S–Metalltech 98 Anyagtechnológiai Kutató-fejlesztő Kft.-ben dolgozó szakemberek folytatták tovább a korábban a Villamosipari Kutató Intézetben megkezdett, ez irányú munkát. Az ő elméleti felkészültségüket és gyakorlati tapasztalataikat kivéve a kérdés iránt érdeklődők csak a szakirodalom kutatásával juthatnak információkhoz.

Az internet korában az információszerzés lehetőségei korábban elképzelhetetlen szintre emelkedtek – a fent jelzett korlátokkal. Vagyis az érdeklődés felkeltésére, alapfokú ismeretek szerzésére megfelelnek a vi-

<sup>724</sup> Krupin, A. V. – Szolovjov, V. J. – Seftel, N. I. – Kobeljov, A. G.: *Deformácija metalov vzrivom*. Metallurgia, Moszkva, 1975, 176. sz. ábra alapján, 353.

<sup>725</sup> Susánszky Zoltán: *Robbanóanyagok alakítják a fémeket*. A 18. hazai építőipari (bányászaton kívüli) robbantástechnikai konferencia (Nagykanizsa, 1984. október 10.) előadásainak és ismertetőinek összefoglalói. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet (IMSZI) 1984/17. közleménye, egyben az ÉTE Robbantástechnikai Szakbizottsága 285. sz. közleménye, Budapest, 1984, 8.

<sup>726</sup> Például: Krupin, A. V. – Szolovjov, V. J. – Seftel, N. I. – Kobeljov, A. G.: *Deformácija metalov vzrivom*. Metallurgia, Moszkva, 1975.; Pihotnyikov, R. V. – Zavjalova, V. I.: *Stampovka lictovova Metala vzrivom*. Masinoszroenyie, Moszkva, 1964.

lághálón megtalálható és letölthető anyagok, de aki szakmailag mélyebb információra vágyik, az innen kevés segítséget kap. De akkor hol kutasson a robbantásos fémmegmunkálás iránt érdeklődő?

A választ keresve meglepődve tapasztaltuk, hogy a leginkább kézenfekvőnek tűnő Országos Műszaki Könyvtárban csalódás fog érni bennünket. Egy 1973-ban kiadott *Robbantástechnika ajánló bibliográfia*<sup>727</sup> – az egyébként összességében is szegényesnek tekinthető 437 tételből – a szakkönyvek között egyetlen, ezzel a témával foglalkozó alkotást sem említ. A konferenciakiadványok között bukkanunk az egyedülként fellelhető műre, az 1970-ben Máriánské Lázánban tartott, *Robbantásos plattírozás* témájú szimpózium anyagára. Pedig lett volna mit beszerezni, a kutatni vágyók elé tárni ebben az időszakban is. Erre példa, a ma Nemzeti Közszolgálati Egyetem (korábban Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem) Tudományos Könyvtárának Mueller Othmár Robbantástechnikai Különgyűjteménye.

Dr. Mueller Othmár (1932–2002) mint az Építéstudományi Egyesület robbantástechnikai szakbizottságának alapítója és haláláig vezetője, továbbá az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet igazgatója a polgári esetek robbantásos szakértésén kívül a bűnös célú és terroristá robbantások területét kutatta.<sup>728</sup> 1969-től kezdődően, minden anyagi támogatás nélkül, levelezés, sok munkával kiépített kapcsolatok révén létrehozta az Európában egyedülálló robbantástechnikai szakkönyvtárat. A mintegy 26 ezer kötet az 1800-as évek közepétől felöleli a világ számos országában megjelent, robbanóanyagokkal, robbantástechnikával foglalkozó könyveket és tanulmányokat, kiegészítve a mintegy 30 ezres cikkgyűjteménnyel, sok ezer prospektussal és több mint 100, videokazettán lévő szakfilmmel.

A katonai felsőoktatásban oktatóként, továbbá a Nemzetvédelmi Egyetem Doktori Iskoláján tudományos értekezések műhelyvitáin, majd a Katonai Műszaki Doktori Iskolán tantárgyfelelősként működött közre. Nyugdíjas éveiben kezdett foglalkozni a könyvtár további sorsával, és végül végakarátában a Magyarországon szervezett oktatás robbantástechnikával jelenleg legmagasabb szinten foglalkozó tanintézetének ajánlotta fel a szakkönyvtárat, a Nemzetvédelmi Egyetemnek. Egyetlen kikötése az volt, hogy a Központi Könyvtár részeként, de önálló gyűjteményként maradjon meg.<sup>729</sup>

Mueller Othmár nemcsak gyűjtötte, hanem katalogizálta is gyűjteményét, bibliográfiai gyűjteményeket,<sup>730</sup> a robbantástechnika különböző területeiről szakcikkjegyzékeket állott össze, ezzel is segítve a könyvtárban kutatók munkáját. Nyugodtan állíthatjuk, hogy ma Magyarországon ebben a könyvtári (ma már) különgyűjteményben található a legnagyobb, robbantásos fémmegmunkálással foglalkozó könyv- és szakcikk-kollekció. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet 1984/8. sz. közleményeként megjelent, a robbanásos fémmegmunkálásra vonatkozó szakcikkjegyzék 100 könyvet, 189 szakcikket és 33 egyéb, a témába vágó prospektust, ismertetőt sorol fel.<sup>731</sup> A gyűjtemény természetesen tovább bővült Mueller Othmár 2002-ben bekövetkezett haláláig.

Eredeti helyén, könyvtári rendszerben feldolgozva, csoportosítva voltak elhelyezve a könyvek és egyéb írásművek. A költözést követően a Nemzetvédelmi Egyetem Központi Könyvtára hozzákezdett az anyag elektronikus formában való katalogizálásához egy 2003-ban elnyert pályázat segítségével. Sajnos az anyagi források kimerülésével ez a munka félbemaradt, így a téma iránt érdeklődő kutatók feladata, hogy a hatalmas gyűjteményből előkeressék, újból rendszerezzék ezeket a műveket. A Nemzetvédelmi Egyetem és az Óbudai Egyetem által 2011 őszén közösen elnyert TÁMOP–4.2.1.B–11/2/KMR–2011–0001 pályázat *Nagy energia sebességű alakítások* alprogram, *Robbantásos fémmegmunkálás* kiemelt kutatási terület<sup>732</sup> keretében dolgozó kollégák – többek között – ebben a munkában is közreműködtek, létrehozva egy kutatói adatbázist a jelzett témában. *A robbantásos félalakítás/megmunkálás hazai és nemzetközi alkalmazásának kutatása az NKE Központi Könyvtár, Mueller Othmár robbantástechnikai különgyűjteménye*

<sup>727</sup> Sárvári Györgyné (szerk.): *Robbantástechnika ajánló bibliográfia*. Országos Műszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ, Könyvtári Igazgatóság, Budapest, 1973.

<sup>728</sup> Kandidátusi disszertációját is ebből a témából védte meg sikeresen 1995-ben, a Zrínyi Miklós Katonai Akadémián.

<sup>729</sup> Lukács László: A ZMNE Központi Könyvtár Dr. Mueller Othmár Robbantástechnikai Különgyűjteménye. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2006/1–4. összevont szám, Budapest, 135–142.

<sup>730</sup> Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbanóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1983*. I. kötet. 5. átdolgozott kiadás. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet 1983/1. sz. közleménye, 1–95.; Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbanóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1983*. II. kötet. 5. átdolgozott kiadás. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet 1984/2. sz. közleménye, 96–209.; Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbanóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1983*. III. kötet. 5. átdolgozott kiadás. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet 1984/10. sz. közleménye, 210–335.

<sup>731</sup> Mueller O. – Matye Béláné: *A robbantásos fémmegmunkálásra vonatkozó, az igazságügyi műszaki szakértői gyakorlatban felhasználható szakcikkjegyzéke*. Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet közleményei, 1984/8. szám, Budapest.

<sup>732</sup> A KKT vezetője dr. Lukács László volt.

ményében című adatbázisuk DVD-jén 100 db, a könyvtárban fellelhető cikk, tanulmány, könyv ismertetője, tartalomjegyzéke, fordítása található.

#### 6.1.3.5. Robbantásos fémalakítás, gyártás üzemi körülmények között

Az alfejezet elején említettük, hogy a robbantásos fémalakítás egyik nagy előnye a préseléses formálással szemben többek között a nagyméretű berendezések elhagyása, a gyártás viszonylag csekély anyagi költsége. A fémalakítás technológiáit, azok jellemzőit foglalja össze a 63. táblázat.

63. táblázat  
Fémalakító technológiák jellemzői<sup>733</sup>

Alakító eljárás	Korlátok	Az anyag alakulása
Robbantásos alakítás	Nem korlátozott: a robbanóanyagok tömege és alakja tetszőleges lehet.	A fém pontosan felveszi a szerszám alakját. A kiindulási lemezalak optimalizálható.
Sajtolás/mélyhúzás	A lemez vastagsága és mérete a prés méretétől és kapacitásától függ. Maximum $3 \times 2$ m, nagy prések esetén. 10 mm-nél vastagabb acélok esetén kis mélységű üreges alakok. A sajtolás előtti hevítés segíti a méret- és vastagságnövelést.	A fémanyag két szerszámfél között van sajtolva. A fém a mozgó szerszámfél nyomja meg.
Nyújtó alakítás	Nagy, sekély mélységű üreges formák vékony lemezből (< 5 mm).	A fémlemez két ellentétes oldalán rögzítve van, az alakadó szerszám felett. Az anyag a végleges alak eléréséhez helyenként erősen nyúlik.
Szuperképlékeny alakítás	Nagy mélységű üreges formák, éles részletekkel.	A szuperképlékeny fémot hevítik, és nagyon lassan sajtolják a végső alakra, folyadék- vagy gáznnyomással. Az anyag csak ott folyik, ahol nem érintkezik a szerszámmal, következésképpen erősen elvékonyodik.
Domborítás (tányérnyomás)	Nagyméretű sekély, üreges alakok vastag lemezekből. Nem szimmetrikus alakok is létrehozhatók, de nehezen.	A fémlemez különböző pontjait többször egymás után megnyomják, míg a végső görbületet eléri.

A 64. táblázatban a különböző fémalakítási eljárások költségvonzatait és a termék jellemzőit mutatjuk be.<sup>734</sup>

64. táblázat  
Fémalakítási eljárások a költségek és a gyártmány tulajdonságai tükrében

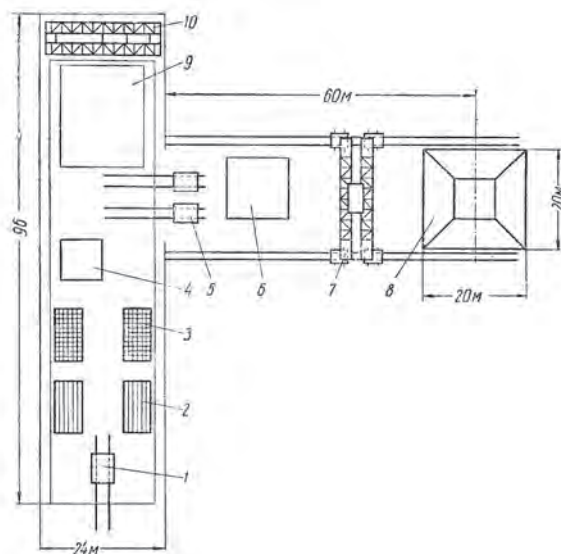
Technológia	Költségek		Gyártmány tulajdonságai		
	beruházás	gyártási költségek	pontosság	vékonyodás	nyúlás
Alaknyomás	+	+	-	-	-
Gumisajtolás	+	+	o	o	+
Hidraulikus alakítás	+	+	o	+	+
Robbantásos alakítás	+	-	+	+	+
Sajtolás/mélyhúzás	-	++	o	-	o
Nyújtó alakítás	o	-	++	-	o
Szuperképlékeny alakítás	-	-	+	-	o
Domborítás (tányérnyomás)	++	o	-	o	o

Megjegyzés: + = jó; - = rossz

Végezetül, a gyakorlati megvalósíthatóságra példaként mutatjuk be egy robbantásos fémalakító „üzem” vázlatát a 191. ábrán. A munkaterületen egy vegyipari gépgyártó vállalat részére készítettek nagyméretű tartályfenekeket, robbantással (a maximális átmérő 3,5 m, a formázandó fémlemez vastagsága 10 mm és efölött). Robbanóanyagként robbanózsinórt alkalmaztak, megfelelő formában elhelyezve a munkalamezen.

<sup>733</sup> Groenefeld, Hugo: *New frontiers with explosive forming*, [www.aluminiumcentrum.nl/aluminiumcentrum.nl/files/Doc/Congres%202006/module%20d/3-Mr.\\_Hugo\\_Groeneveld.pdf](http://www.aluminiumcentrum.nl/aluminiumcentrum.nl/files/Doc/Congres%202006/module%20d/3-Mr._Hugo_Groeneveld.pdf) (a letöltés ideje: 2012. 03. 10.) alapján fordította a szerző.

<sup>734</sup> Uo.



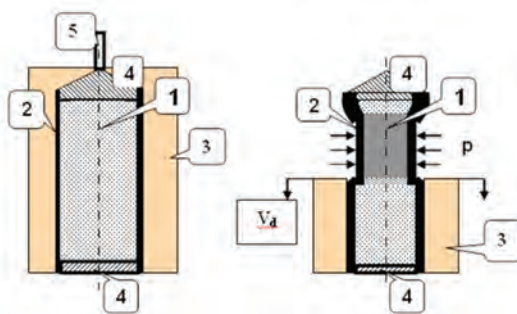
191. ábra

*Robbantásos fémalakító munkahely vázlata*<sup>735</sup>

1 és 5: villamos targoncák; 2 és 3: anyag-előkészítő munkaállomások (hegesztés, szabás); 4: az előkészített munkadarab tisztítása; 6: matrica előkészítése; 7 és 10: hídvaru; 8: robbantómedence; 9: a munkadarab matricába helyezése

#### 6.1.4. Fém- és kerámiaporok tömörítése

Speciális anyagok előállításakor, például szupravezetők gyártásánál került előtérbe a fém- és kerámiaporok robbantásos tömörítésének lehetősége (192. ábra). Az eljárás lényege, hogy egy plasztikusan alakítható fémcsőbe (tartály) helyezik a kívánt fajtájú kerámia- vagy fémport. A csövet kívülről por alakú robbanóanyaggal veszik körbe oly módon, hogy a kívánt robbanóanyag-vastagságnak megfelelő belső átmérőjű csövet helyeznek a munkadarab köré (ez lehet pl. prespán vagy egyéb műanyag, hiszen a folyamat szempontjából nincs jelentősége, viszont nem célszerű, hogy a robbanáskor komolyabb repeszhatás alakuljon ki miatta). Ezt a robbanóanyagot egy időben iniciálva a teljes hengerpalást területén (pl. egy körbetekert robbanózsínrel), a kialakuló „húzógyűrű” beszűkíti a tartályt, összehapréselve (tömörítve) a benne lévő port. Az így kialakuló új anyag szilárdságára jellemző, hogy esztergálható, húzható.



192. ábra

*A kerámiapor robbantásos tömörítésének elvi vázlata*<sup>736</sup>

1: tömörítendő por; 2: fémcső (tartály); 3: robbanóanyag; 4: végzáró; 5: gyutacs;  $V_d$ : a robbantással kialakított „húzógyűrű” haladási sebessége

<sup>735</sup> Pihovnyikov, R. V. – Zavjalova, V. I.: *Stampovka lictovova Metala vzrivom*. Masinoszroenyie, Moszkva, 1964, 81. sz. ábra alapján, 165.

<sup>736</sup> Forrás: S–Metalltech Kft.

### 6.1.5. Hurok robbantása acélsodrony kötélre<sup>737</sup>

A következőkben a robbantásos fémmegmunkálás egy speciális lehetőségére mutatunk be példát, melynek segítségével olcsón, egyszerűen, mégis biztonságosan megoldható egy gyakori probléma, mely a terepen végzett munkát jelentősen késleltetheti úgy a polgári, mint a katonai gyakorlatban.

A különböző külső munkahelyeken, az erdőgazdaságban, a bányauzemekben, az elektromos távvezetéseket üzemeltető szerveknél vagy a katonai gyakorlatban széleskörűen alkalmaznak drótköteleket. Ezek igénybevétele során gyakori a szakadás, melynek helyszíni javítása nem vagy csak nehézségek révén valósítható meg. Viszont a munka tovább folytatásához az esetek döntő többségében szükség van a kötél végén egy hurokra, mellyel az adott tárgyhoz, eszközhöz való rögzítés megoldható.

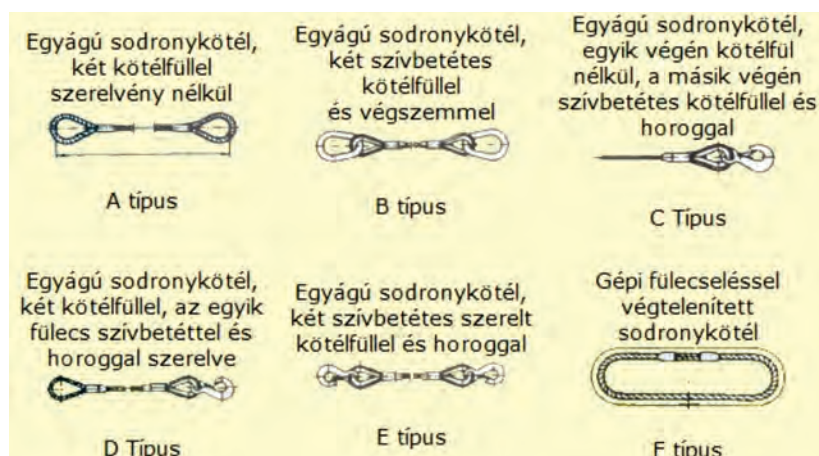
Ennek a rögzítésnek kellő erősségűnek kell lennie ahhoz, hogy kibírja azt a húzó/rántó terhelést, melynek a munkavégzés során a kötelet kitesszük, vagyis közelítően azonosnak kell lennie a kötél szakítószilárdságával. Az esetek döntő többségében ehhez egy hurkot kell képeznünk a kötélre, melyre a legegyszerűbb, ugyanakkor a legkevésbé biztonságos megoldás, a csavaros rögzítők alkalmazása (lásd a 193. ábrát).



193. ábra

*Hurok készítése sodronykötélre, csavaros rögzítéssel<sup>738</sup>*

Ennél sokkal biztosabb megoldást kínál a hurkok szabványban rögzített módszerrel történő, préselési technológiával történő kialakítása, amit például a FUX Rt. is végez Miskolcon. Termékskálájuk széles körű, melyet az alábbi ábra is bizonyít.



194. ábra

*Sodronykötél hurkok a FUX Rt. ajánlatából<sup>739</sup>*

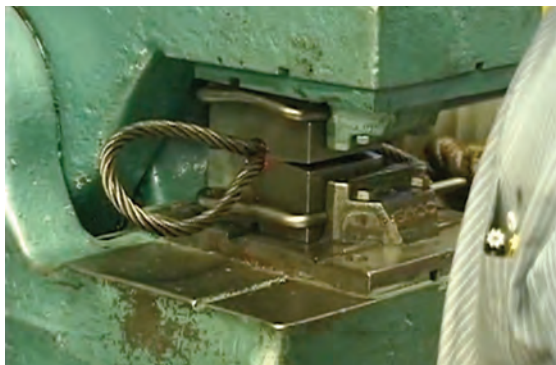
<sup>737</sup> Lukács László – Szalay András – Bérczes Imre: *Drótkötél hurok készítése robbantással*. Előadás a Haditechnika 2010 Nemzetközi Konferencián, Budapest, 2010. V. 6–7. A konferenciakiadványban DVD-n megjelent cikk, továbbá Lukács László – Szalay András – Zádor István: *Robbantással készített drótkötél hurok*. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXIV. évfolyam, 2014/3. szám, 75–88. felhasználásával.

<sup>738</sup> Fotó: Dénes Kálmán.

<sup>739</sup> A FUX Rt. honlapja, [www.fux.hu](http://www.fux.hu) (a letöltés ideje: 2010. 03. 02.)



Maga a technológia egyszerű, a kétrét hajtott drótkötélre egy ovális, szabványos alumínium zárógyűrű kerül, melyet egy szerszám segítségével, préseléssel rögzítenek. A módszerrel különböző vastagságú sodronykötelekre készíthető el a megfelelő méretű fül.



195. ábra  
*Hurok préselése drótkötélre<sup>740</sup>*



196. ábra  
*A préselt hurok<sup>741</sup>*

A gond akkor jelentkezik, amikor a terepen történik szakadás a munkavégzés során, és a közelben nincs olyan üzem, ahol a javítás elvégezhető lenne. Ráadásul a szállítás idővesztését jelent, hiszen a munkagép addig nem dolgozik. Egy civil cég esetében ez csak anyagi veszteséget jelent, de a katonai gyakorlatban egyszerűen elképzelhetetlen az, hogy például egy folyóátkelés azért hiúsuljon meg, mert a pontonoknál alkalmazott rögzítő drótkötél elszakadt. A következőkben ennek a problémának a gyors, helyszíni megoldásának egyik lehetséges módszerét mutatjuk be, elvégzett kísérletek és mérések alapján.

A 6.1.4. alfejezetben bemutatott robbantásos portömörítési technológia adta az ötletet, mely szerint a présgép szerepét átvehetné a robbanóanyag is, melynek segítségével egyszerűen és megfelelő szilárdsággal létrehozható a munka folytatásához szükséges hurok az acélsodrony kötélén (az elszakadt drótkötelek esetén az egyenes összetoldás természetesen robbantásos módszerrel sem oldható meg). A kísérletek megkezdése előtt az alkalmazandó anyagokkal szembeni követelményeket tisztáztuk.

#### 6.1.5.1. Az alkalmazandó anyagokkal szembeni követelmények

A fenti fémalakítási technológiák, módszerek tanulmányozása során vetődött fel az acélsodrony kötélre hurok robbantásának lehetősége. Elgondolásunk szerint a kötélből kialakított hurokra egy fémcsövet húzva, majd azt a cső hengerpalástja mentén, a portömörítésnél bemutatott módon megrobbantva a cső rásajtolódik a hurkot alkotó kötelekre, megfelelő szilárdságú kötést biztosítva.

<sup>740</sup> Fotó: Szalay András (készült: a FUX Rt. műhelyében).

<sup>741</sup> Fotó: Szalay András (készült: a FUX Rt. műhelyében).

*A fémcsőnél* elsődleges szempontként az anyagának képlékeny alakíthatóságát tekintettük. Számításaink szerint a cső anyagát a robbanás lökéshullámának be kellett préselnie a drótkötél pászmái közé. Ezért választásunk a kereskedelmi forgalomban beszerezhető Al 99,9 anyagú alumínium csőre esett.

A robbanóanyag kiválasztásánál *több szempontot is figyelembe kellett vennünk:*

- A kereskedelmi forgalomban beszerezhető, az ipari és a katonai robbantástechnikában széleskörűen elterjedt robbanóanyag legyen, hiszen elsődlegesnek tekintettük azt, hogy ne kelljen speciális robbanóanyagot beszerezni, mert ezzel pont a módszer gyors, a sérülés helyén történő azonnali alkalmazhatósága veszett volna el.
- Könnyen felszerelhető legyen a csőre.
- Pontosán meghatározható, könnyen adagolható legyen a szükséges töltet mennyisége.
- Időjárástól függetlenül alkalmazható legyen a robbanóanyag, akár nedves körülmények között is.
- Gyutacsindítható legyen.
- Alkalmazása ne igényeljen speciális felkészültséget a felhasználótól, hiszen a technológia lényege az azonnali, a rendelkezésre álló anyagokkal a helyszínen könnyen és gyorsan végrehajtható javítás.

A fenti kritériumok alapján döntöttünk a robbanózsínor alkalmazása mellett, mely jól adagolható, a felhasználandó mennyiség a technológiai utasításban pontosan meghatározható, a cső hengerpalástja mentén könnyen elhelyezhető és rögzíthető. Indítása akár villamos, akár pedig robbantógyutaccsal végrehajtható, időjárási viszonyoktól függetlenül bármikor felhasználható. Kezelésére a Magyar Honvédség minden katonáját már az alapképzés során felkészítik. A kísérleteket több lépcsőben végeztük el, kezdve a kisátmérőjű drótkötelekkel, majd fokozatosan emeltük az átmérőt a Magyar Honvédség műszaki alegységeinél (pl. pontonos hidász, hidépítő, hadihajós) rendszeresített kötélátmérőknek megfelelően.

#### *6.1.5.2. Kis átmérőjű acélsodrony kötél robbantása*

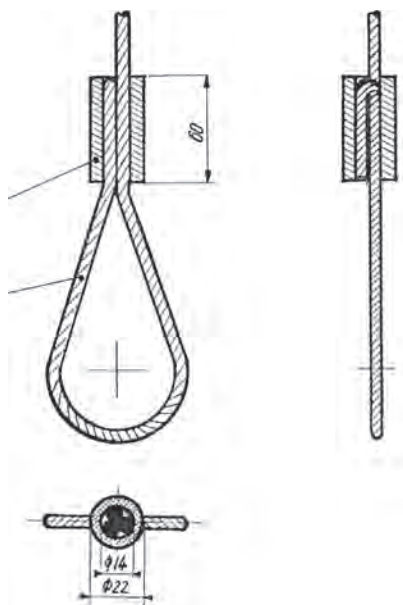
Az 1994-ben végrehajtott első kísérleteknél a 13 g flegmatizált nitropenta folyóméterenkénti töltettömegű, magyar NIPENTEX robbanózsínort alkalmaztuk, egy BMK-130 vontatóhajó 6 mm átmérőjű acélsodrony kötélinek robbantásakor.

##### *A kísérlet elve*

Az acélsodrony kötélből az alumíniumcső segítségével hurkot képzünk oly módon, hogy a rövidebb szálát visszahajtjuk a csőbe. Ezáltal a kötelek kitöltik a cső belsejét, kb. 120°-os elrendezéssel (lásd a 197. ábrán).

A kötélből kialakított hurokra húzott cső adott hosszúságú szakaszán – annak teljes palástfelületén – akkora nyomást kell a robbanás lökéshullámával létrehozni, hogy ez a cső anyagát képlékenyen alakítva a kívánt mértékű alakváltozást (beszűkítést) hozza létre, ugyanakkor ne roncsolja a cső anyagát.

A cső palástfelületét körülvevő, egyenletes vastagságú, homogén robbanóanyag-réteg detonációjának kiváltása után a robbanás gáz-halmazállapotú termékeinek nyomásfrontja – az adott robbanóanyag fajtájára jellemző detonációsebességgel (az általunk alkalmazott robbanózsínornál  $v = 6500$  m/s) – mozgó „húzógyűrűként” halad a cső tengelye mentén, elvégezve a csővön a kívánt alakváltoztatást.



197. ábra

*Hurok képzése az alumíniumcsőben*<sup>742</sup>

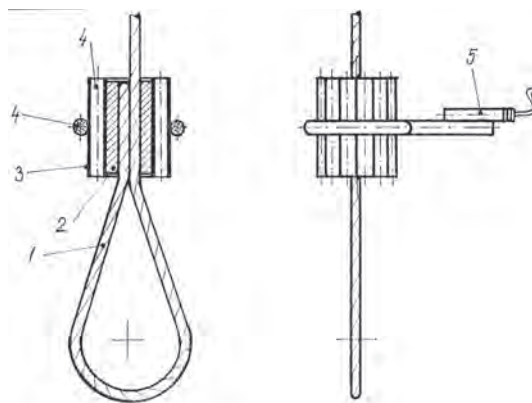
Az eljárással az alábbi feltételeket kellett biztosítani:

- Az alumíniumcső rásajtolása a hurokra a cső és a sodronykötél tönkremenetele nélkül menjen végbe.
- A képződő hurok a kötélen által elviselendő szakítóerőt, de legalább a kötélben – a rendeltetészerű használat során jelentkező húzóerőt – bírja ki.

#### *A kísérleti robbantások tapasztalatai*

Kísérleti robbantásaink során a hurkot tartalmazó alumíniumcsövön – öt különböző módon helyezve el a robbanószinórt – próbáltuk a legkedvezőbb megoldást megtalálni. A legkedvezőbbnek a 198. ábrán látható előkészítést találtuk, melynél egy, az akkumulátorokban alkalmazott elektród tartó „szövethevederbe” helyeztük a robbanószinór szálait (átmérője méretben pont megfelelő volt), melyet az egész átmérőn, középen körbetekert robbanószinórral indítottunk. Így a cső közepétől a végek felé indítottuk az alakítást végző „húzógyűrűt”.

A robbanás eredményeként a cső bordázottá vált, de falai sehol nem vékonyodtak el olyan mértékben, hogy ezáltal szilárdsága csökkent volna.



198. ábra

*Robbanószinór elrendezése a csövön*<sup>743</sup>

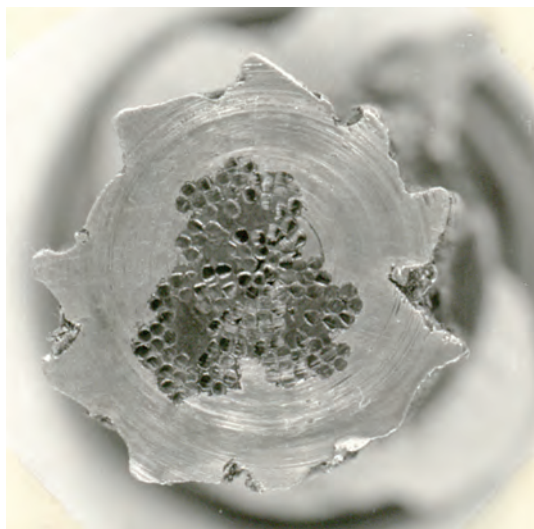
1: drótkötél; 2: alumíniumcső; 3: „szövetheveder”; 4: robbanószinór; 5: villamos gyutacs

<sup>742</sup> Lukács L. – Szalay A. – Bérczes I.: Sodronykötelek kötése robbantással. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2004/1–4. összevont szám, 4. sz. ábra, 143.

<sup>743</sup> *Uo.*, 5. sz. ábra, 144.

A robbantásokat követően a drótkötél hurkokat az akkori Kossuth Lajos Katonai Főiskola Műszaki szaktan-széke építőanyag-laboratóriumának 3 tonnás szakítógépen húzó igénybevételnek tettük ki. A szakítópróbák során mind az öt kísérleti mintadarabot olyan extrém terhelésnek vetettük alá, melynek során az acélsodrony kötelek elszakadtak. Az öt közül egy hurok megcsúszott a kötélben, de nem bomlott ki, egészen a kötél tönkremenetelig. A többi hurkon – így a bemutatott mintadarabnál is – elválkozás nem volt tapasztalható.

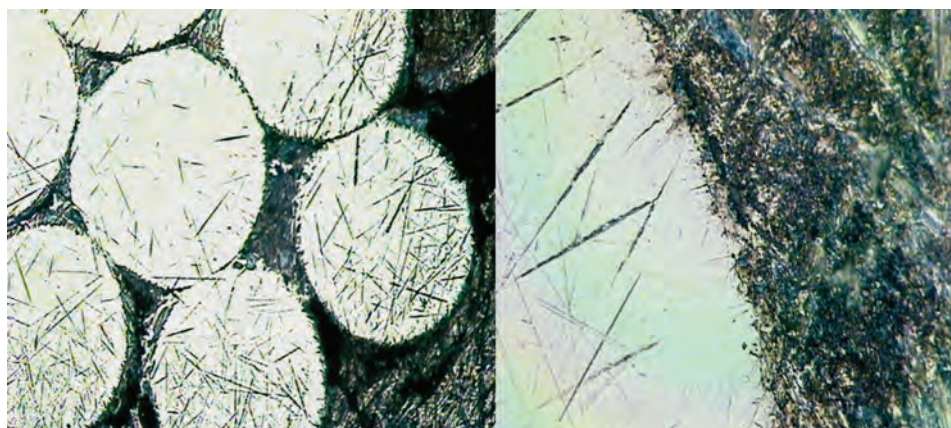
A szakítópróbák után a bemutatott módon robbantott hurok csőborítását a kötéllel együtt, közepén keresztben elvágtuk (lásd a metszeti képet a 199. ábrán). A metszet tanúbizonysága szerint az alumíniumcső anyaga a várakozásnak megfelelően befolyt az acélpázmák közé, ezáltal nagy szilárdságú kötést biztosítva. A sodronykötél három szála felvette az ideális  $120^\circ$ -os helyzetet. Sem a sodronykötél, sem a cső anyaga nem sérült meg.



199. ábra

*A robbantott hurok metszete<sup>744</sup>*

2010-ben a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Karának Katonai Gépész, Műszaki és Biztonságtechnikai Mérnöki Intézete BUEHLER metallográfiai laboratóriumában metszet készült a hurokról, melyet egy NIKON EPIPHOT 200-as, invert metallográfiai mikroszkóp alatt vizsgáltunk.<sup>745</sup> A 200. ábra első képén 50-szeres nagyításban látszik, hogy a robbanás hatására az alumíniumcső anyaga valóban befolyt a drótkötél pázmái közé. A második képen 100-szoros nagyításban is meggyőződhetünk erről.



200. ábra

*Egy 6 mm átmérőjű acélsodrony kötélre robbantott hurok metszete a mikroszkóp alatt, 50-szeres és 100-szoros nagyításban<sup>746</sup>*

<sup>744</sup> Fotó: Lukács László.

<sup>745</sup> A vizsgálatokat Fecsó László és Tamás András ny. okl. mk. alezredek végezték.

<sup>746</sup> Fotó: Tamás András.

### 6.1.5.3. Közepes átmérőjű acélsodrony kötél robbantása<sup>747</sup>

A korábbi kísérleti eredmények alapján 2010-ben az 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Zászlóalj által alkalmazott, 8 mm átmérőjű acélsodrony kötélben próbáltunk hurkot kialakítani robbantással. A különbséget egyedül az alkalmazott robbanózsínór képezte: ezúttal 20 g/fm tömegű cseh STARTLINE20, pentrit<sup>748</sup> töltetű robbanózsínór segítségével hajtottuk végre a robbantást. (A 201. ábrán a töltet látható a kísérlet előtt, a 202-ön a robbantás eredménye, a 203-on pedig a hurokról készített metszet.)



201. ábra

8 mm átmérőjű acélsodrony kötélből készítendő hurok és a töltet



202. ábra

A hurok képe a robbantás után



203. ábra

A robbantott hurok metszeti képe

<sup>747</sup> A 6.1.5.3. – 6.1.5.4. alfejezetek fotóit (a mikroszkopikus felvételek kivételével) a szerző készítette.

<sup>748</sup> EXPLOSIA A.S., nitropenta és trotil keverékű robbanóanyag.

A robbantás eredményeként azt tapasztaltuk, hogy a korábbinál nagyobb töltetmögű robbanózsínór az alumíniumcsövet olyan erővel „csapta” a sodronykötélre, hogy annak néhány szála elszakadt. Ugyanakkor a metszeti kép itt is arról tanúskodik, hogy az alumínium „befolyt” a pászmák közé a robbanás hatására.

A jelzett jelenség kiküszöbölésére két lehetőség kínálkozott. Az első kisebb töltetmögű robbanózsínór alkalmazása lett volna. Ezt elvetettük, hiszen a Magyar Honvédség rendszeresített robbanózsínórja is rendelkezhet olyan paraméterekkel, melyek miatt ez a jelenség továbbra is fennállhat. Ezért olyan megoldást kerestünk, melynél ilyen esetben is végrehajtható a feladat, a robbanózsínór cseréje nélkül.

A nagy képlékenységű alumíniumcsövet kívülről egy kis falvastagságú acélső burkolattal láttuk el: ettől a megoldástól azt reméltük, hogy az acélső – mint közvetítő anyag – a robbanási energiát átadja az alatta lévő alumíniumcsőnek, viszont megakadályozza annak fentebb látott roncsolását.

A kísérletek során három, különböző falvastagságú acélsövet alkalmaztunk: ezek közül a legsikeresebb a  $32 \times 28 \times 60$  mm acélső +  $28 \times 21 \times 60$  mm-es alumíniumcső kombinációja volt (lásd a 204–205. ábrákon).



204. ábra

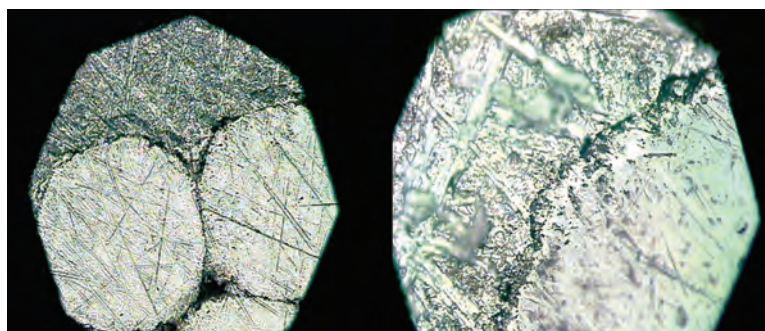
*8 mm átmérőjű acélsodrony kötélből készített hurok az acél- és alumíniumcső alkalmazásával*



205. ábra

*A robbantott hurok képe*

A kész hurokról a fenti laboratóriumban újabb mikroszkópos felvételeket készítettünk. A 206. ábra első képe 50-szeres, a második pedig 100-szoros nagyításban bizonyítja, hogy a robbanás energiája ebben az esetben is beprézelte az alumíniumcső anyagát az acélsodrony pászmái közé.



206. ábra

*8 mm átmérőjű acélsodrony kötél metszete a mikroszkóp alatt 50-szeres és 100-szoros nagyításban<sup>749</sup>*

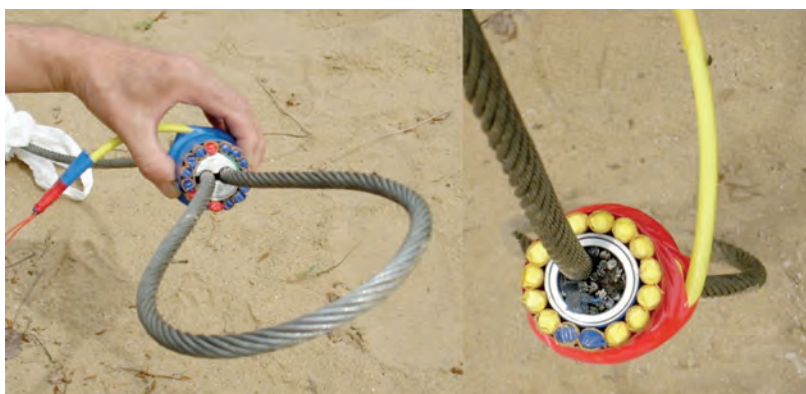
<sup>749</sup> Fotó: Tamás András.

A kísérleti robbantások tapasztalatait a Magyar Robbantástechnikai Egyesület, a ZMNE BJKMK Műszaki és Katasztrófavédelmi Tanszék, valamint a Magyar Hadtudományi Társaság Műszaki szakosztálya közös szervezésében megtartott, *Fémmegmunkálás robbantással* című, bemutató robbantásokkal egybekötött szakmai napon mutattuk be 2010. április 18-án, Ócsán. A szakmai közönség (ipari robbantástechnikával foglalkozó kollégák, továbbá a Magyar Honvédség műszaki csapatainak képviselői) érdeklődéssel tanulmányozták a javasolt új módszert.

#### 6.1.5.4. Nagy átmérőjű acélsodrony kötél robbantása

Kísérleti robbantást hajtottunk végre az ugyancsak az 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Zászlóalj által alkalmazott, 12 mm átmérőjű drótkötéllel is. A kísérlet során továbbra is az előzőekben bemutatott, kettős fémcső burkolatot alkalmaztuk. Ennek méretei a következők voltak: az acélső  $34 \times 30 \times 100$  mm, az alumínium pedig  $30 \times 24 \times 100$  mm. Összesen 15 szál STARTLINE20 robbanószinórt használtunk a robbantáshoz, mintegy 30 g össztömeggel.

A jelentősen megnövekedett méretek és az acélsodrony merevsége miatt az előző kísérletek során alkalmazott eljárást, miszerint a sodronykötél szálát visszavezettük a csőbe (ezáltal töltve azt ki teljesen, és alakítva ki a robbantás szempontjából legkedvezőbb  $120^\circ$ -os kötélelrendezést) nem tudtuk alkalmazni. Ezért két új megoldást próbáltunk ki. Egyrészt a villamos iparban kábelkötéseknél használt alumínium illesztőbetétet, másrészt pedig – kitöltendő a hiányzó acélsodrony szál helyét – kiegészítő alumíniumrudak behelyezését a csőbe (207. ábra).



207. ábra

*12 mm átmérőjű acélsodrony kötél szerelése elektromos illesztőbetéttel, illetve kiegészítő alumíniumrudakkal*

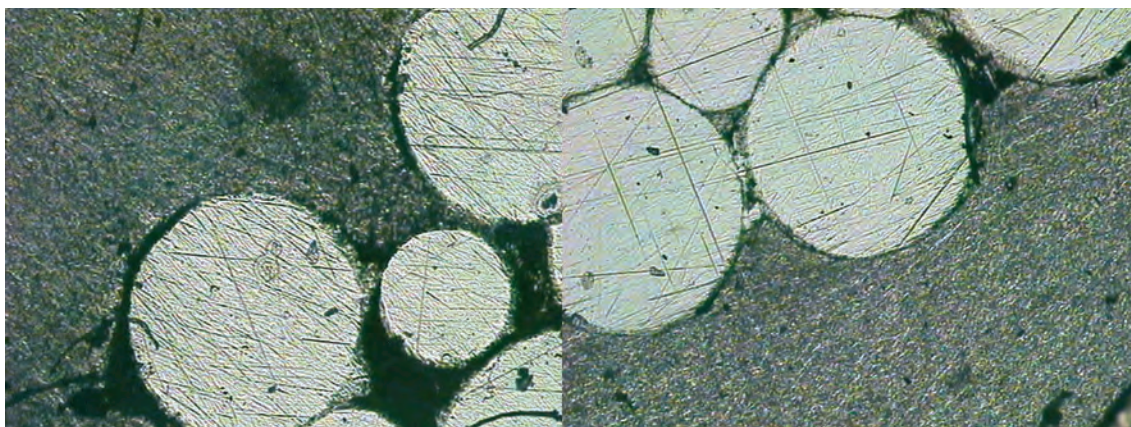
A korábbiaknak megfelelően a laboratóriumban elkészültek a metszetek, melyek azt mutatták, hogy mind az alumínium illesztőbetétes, mind pedig a kiegészítő alumíniumszálakat alkalmazó megoldás jó eredményt hozott (208. ábra).



208. ábra

*12 mm átmérőjű acélsodrony kötélre robbantott hurkok metszeti képe*

Hasonlóan meggyőzőek voltak a metallográfiai mikroszkóp képei is (209. ábra).



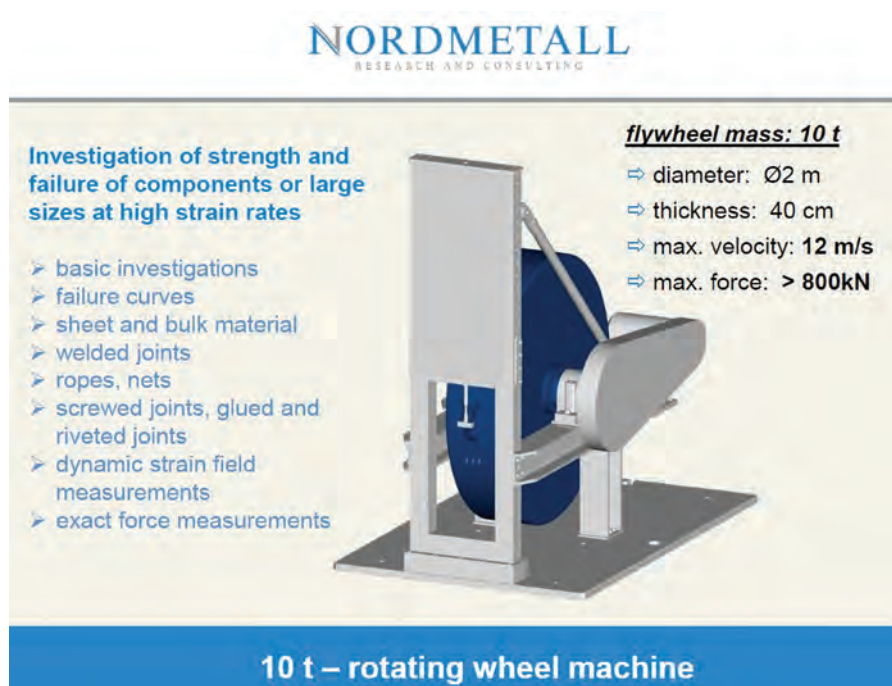
209. ábra

A 205. ábra metszetei, 50-szeres nagyításban<sup>750</sup>

#### 6.1.5.5. A robbantott 6, 8, 10 és 12 mm átmérőjű drótkötél hurkok dinamikus szakítása és gyakorlati kipróbálása PMP-pontonokon

A kutatás utolsó fázisában<sup>751</sup> szükségessé vált az elkészült mintadarabok valósághoz közelítő körülmények közötti, dinamikus szakító/rántó igénybevételt szimuláló ellenőrző laborvizsgálatainak elvégzése.

Mivel ehhez megfelelő berendezést Magyarországon nem találtunk, végül a német Nordmetall GmbH-nál tett szakmai látogatásunk során leltük meg azt a 10 tonnás mérőberendezést, mely képes volt hiteles eredményeket szolgáltatni az általunk készített 6, 8, 10 és 12 mm-es drótkötél hurkok dinamikus erőhatásokkal szembeni megfelelőségéről, terhelhetőségéről.



210. ábra

A NORDMETALL GmbH 10 tonnás vizsgáló berendezése<sup>752</sup>

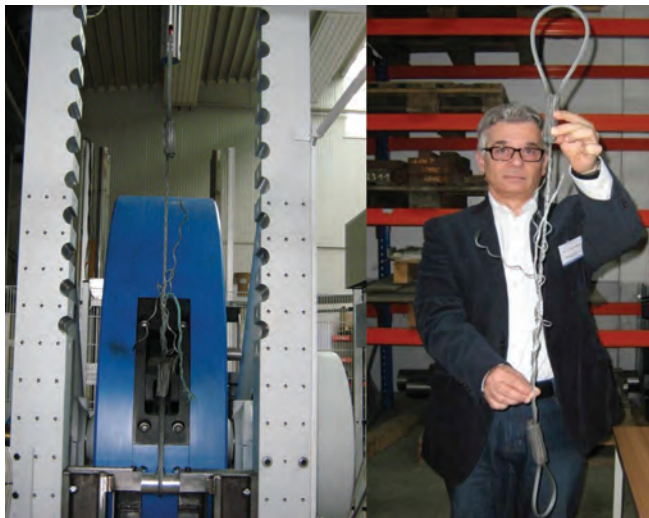
<sup>750</sup> Fotó: Tamás András.

<sup>751</sup> A kutatás a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001, *Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások* projekt, *Robbantásos fémmegmunkálás* elnevezésű kutatás (vezetője dr. Lukács László) keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

<sup>752</sup> Herzig, N. – Meyer, L. W.: *A brief introduction to Nordmetall GmbH.*



A laboratórium által kért, mindkét végén robbantott hurokkal rendelkező, 50-60 cm hosszúságú kísérleti mintadarabok előállításakor visszatértünk az eredeti, csak alumíniumcsövet alkalmazó eljárásra, kiküszöbölve a korábban tapasztalt sodronyszálsérüléseket.



211. ábra

*Robbantott acélsodrony hurok a vizsgálat után*<sup>753</sup>

A pályázat támogatásával megrendelt és dokumentált vizsgálatok<sup>754</sup> megnyugtató eredménnyel zárultak, a sodronykötélszálaknál maximális terhelés hatására egyes szálak elszakadtak, de maga a robbantott hurok nem sérült meg.

*A laboratóriumi vizsgálat részletesebb ismertetése, a NORDMETALL GmbH jelentése alapján:*<sup>755</sup>

- A Nordmetall GmbH-t a Nemzeti Közszolgálati Egyetem bízta meg robbantással hurkolt acélkötelek úgynevezett statikus és dinamikus terheléses vizsgálatával.
- Az acélköteleket vizsgálatra kész állapotban a megrendelő biztosította.
- A vizsgálatok célja az acélköteleken keletkező sérülések helyének megállapítása volt a statikus és a dinamikus (becsapódásos) terhelések alatt.
- A statikus terheléses vizsgálatokhoz hagyományos szakítóberendezést alkalmaztak, melynek terheléses sebessége 35 mm/min volt.
- Az acélsodronyok dinamikus terheléses vizsgálatához egy saját fejlesztésű forgókerekes szakítógépet használtak, melyben a lendítőkerék tömege 10 tonna volt. Ez nagy terhelőerő kifejtésére képes, és alkalmas nagyobb tárgyak vizsgálatára. A vizsgálatokat 8 m/s terhelési sebességgel végezték.
- A mintadarabok szakítógépben történő elhelyezését követően mind a statikus, mind a dinamikus vizsgálatok során előterhelést, előfeszítést alkalmaztak. Ez különösen a dinamikus vizsgálat során volt fontos, hiszen az acélsodrony hajlékony és laza.
- A maximális terhelési értékek a dinamikus terhelés esetén kicsit magasabbak voltak, mint a statikus terhelésnél.
- A sodronyok átmérőjének növekedésével egyetemben a maximális szakítóerő is fokozatosan növekedett.
- A szakadás leggyakrabban a sodronyon következett be, a kötés közelében.
- A kötés nem sérült (hibásodott) meg. Ez a jelenség mind a statikus, mind a dinamikus vizsgálatok során igaznak bizonyult.

A végső próba olyan katonai eszközökön, valós körülmények közötti kipróbálás volt, ahol a vizsgált átmérőjű drótköteleket alkalmaznak, és azok szakadása esetén elengedhetetlenül szükséges a gyors javításuk. Ilyen nagy felhasználók lehetnek például a honvédség pontosos alegységei, ahol a PMP-szalaghíd elemeiből épített kompok, hidak működtetéséhez nagy mennyiségű drótkötelet használnak fel; vagy a hidász alegységek roham- és kísérőhidakat üzemeltető rajai.

<sup>753</sup> Fotó: Szalay András (készült: Adorfban, a NORDMETALL GmbH laboratóriumában).

<sup>754</sup> *Tensile testing of explosively bonded steel ropes.* Nordmetall report NM 22/2013.

<sup>755</sup> *Uo.*



212. ábra

*Műszaki tiszti hallgatók pontonos kiképzése a Tiszán<sup>756</sup>*

A kísérletek során a Magyar Honvédség illetékesei engedélyének hiányában – az eredeti tervtől eltérően – a Magyarországon egyedülként a Nemzeti Közlekedési Hatóság által kiállított hatósági úszómű-bizonyítvánnyal rendelkező, az Investíció'93 Kft. tulajdonában lévő PMP-elemeket használtuk fel, így a terepen a kísérletet sikeresen végrehajtottuk. Az alkalmazott drótkötelek átmérője 11 mm volt. A gyakorlati kipróbálás előkészítését és végrehajtását a *Robbantással kialakított acélsodrony kötél hurkok gyakorlati kipróbálása PMP pontonokon* című dokumentumfilmen örökítettük meg.



213. ábra

*A robbantott hurok a PMP parti pontonon<sup>757</sup>*

#### 6.1.5.6. A robbantásos drótkötél hurok készítési technológiájának értékelése

A kísérleti robbantások és az ellenőrző laboratóriumi mérések azt bizonyították, hogy külső munkahelyeken, a rendelkezésre álló robbanóanyagot és robbantási segédeszközöket alkalmazva, külön felkészültség nélkül, gyorsan elvégezhető a kis- és közepes átmérőjű drótkötelek javítása, hurok robbantásával a sérült részekre.

<sup>756</sup> Fotó: dr. Szabó Sándor.

<sup>757</sup> Fotó: Lukács László.

Nem szükséges a módszerhez új eszközök, felszerelések beszerzése, csak az adott technikai eszköznél alkalmazott drótköteleknek megfelelő alumíniumcső, valamint az elektród tartó hevederek tárolandók a szerszám-ládában. A cső kialakítása (védő acélsővel vagy anélkül) a rendszeresített robbanószinór töltetméregének függvénye. Kísérleti úton szükséges meghatározni – az adott alegység-nél (pontonos, hadihajós stb.) alkalmazott acélsodrony kötelek függvényében – az alumíniumcső méretét (hosszúság, belső és külső átmérő) és a szükséges robbanószinórszálak darabszámát. A szerelést az egységkészletében található cső segítségével kell végrehajtani, a szintén méretre szabott hevedereknek megfelelő hosszúságú és darabszámú robbanószinór levágását követően.

A kísérletek tapasztalatai szerint a robbanásnak repeszhatása nincs, így akár a jármű mellett, annak a robbanással ellentétes oldalán tartózkodva elvégezhető a robbantás.

A honvédségi alkalmazáson kívül a módszert eredményesen lehetne használni a szintén acélsodronyt alkalmazó erdőgazdasági és villamosipari cégeknél, bányüzemekben, továbbá a katasztrófavédelmi feladatok során.

Nagy előnynek tartjuk a szerelés gyorsaságát. Egy-egy mintadarab előkészítésére kb. 2-3 percre volt szükség. Mivel a szerelés egyetlen eleme sem igényel speciális felkészültséget, így a módszer külön oktatás nélkül is alkalmazható.

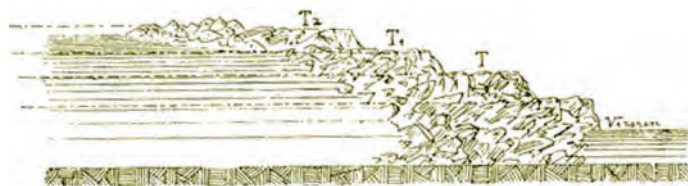
A robbantásos fémmegmunkálás tárgyú kutatásnak csak egy eleme volt a drótkötél hurkok robbantásos kialakítása. A kétéves munka eredményeként többek között – együttműködve az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész- és Biztonságtechnikai Mérnöki Karon dolgozó kollégák elektromágneses fémalakítás tárgyú kutatásával – megalkottuk és meghirdettük a *Nagyenergiájú fémmegmunkálás* című tantárgyat. A hallgatók az ehhez kapcsolódóan megírt tananyagból<sup>758</sup> sajátíthatják el ezeknek a speciális technológiáknak az alapjait.<sup>759</sup>

## 6.2. A jégrobbantás szabályainak fejlődése

A téli időjárás nemcsak a szárazföldi közlekedésben okozott és okoz ma is gondot mindennapi életünkben: a folyóvizek befagyása, a jégtorlaszok képződése, a melegedés következtében bekövetkező áradások során is okozhat hatalmas katasztrófákat, veszélyeztetve úgy az emberi életet, mint a lakosság ingó és ingatlan vagyonát. A következőkben a megelőző jégrobbantási munkák történetét szeretném röviden áttekinteni a katonai és az ipari robbantástechnika szemszögéből. Teszem ezt azért, mert – mint látni fogjuk – ebben a feladatban a múltban és a jelenben is szoros együttműködésben dolgoznak a műszaki katonák és a civil árvízvédelmi szervezetek. Ezen belül vizsgálom az alkalmazott robbanóanyagokat, a töltetek tömegének meghatározását, valamint azok elhelyezésének módját, módszerét.

### 6.2.1. Jégrobbantás a katonai szabályzatokban<sup>760</sup>

Magyarországon az 1903-ban megjelent *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*<sup>761</sup> című kiadványban találkozhatunk először a jégrobbantási szabályok széles körű feldolgozásával. A könyv négy jégtípust különböztet meg, úgymint: tömör jeget, szotyét,<sup>762</sup> fenékjeget és a víz felszínén sűrűn zajló jég között képződő kristályos jeget. Ugyancsak bemutatja a jégtorlaszképződés folyamatát, ehhez egy ábrát is mellékelve.



214. ábra

*Jégtorlasz képződése*<sup>763</sup>

<sup>758</sup> *Nagyenergiájú fémmegmunkálás*. Jegyzet. Szerk. prof. dr. Lukács László – dr. Rácz Pál. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2013.

<sup>759</sup> Az Óbudai Egyetem könyvtárában 200, a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen további 48 példányban áll rendelkezésre a jegyzet.

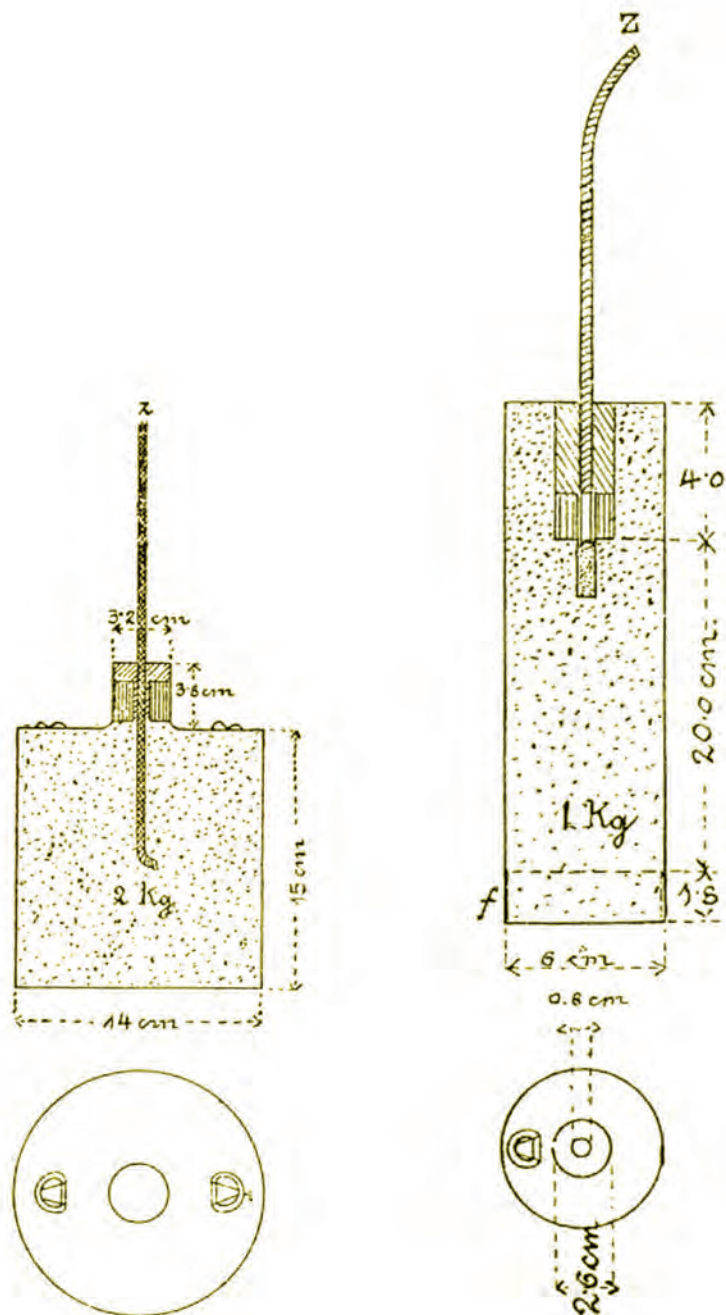
<sup>760</sup> Az alfejezet megírása során felhasználtuk az alábbi írást: Lukács László: Katonai jégrobbantási tapasztalatok. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2005/1–4. összevont szám, 201–214.

<sup>761</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903.

<sup>762</sup> A könyv szerint a zajló jég legnagyobb részét képező, lazán összefüggő, finom jégtűkből és lemezekből álló hőszerű tömeg, mely piszkos sötét színű, a tömör jégnél nagyobb fajsúlyú. A kialakuló jégtorlaszok egyik fő okozója.

<sup>763</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 214. sz. ábra, 295.

Az alkalmazandó robbanóanyagoknál a vízmentes bádogszelencékbe helyezett feketelőpor-tölteteket és a dinamittölteteket (215. ábra) említi. A kétféle robbanóanyagra vonatkozóan kiemeli, hogy a lőpor ugyan kisebb lyukakat üt a jégben a dinamitnál, ugyanakkor (toló hatású robbanóanyagként) sokkal nagyobb, sugárirányban messzebbre terjedő repedéseket okoz. Így Schaffer szerint „nagyobb esésű folyóknál célszerűbb és gazdaságosabb puskaport használni”. A lőporos szelencék töltete általában 2 kg volt. A dinamittöltésű szelencék úgy készültek, hogy „szerkezetüknél fogva úgy elektromos, mint zsinór-gyújtásra is alkalmasak” legyenek. A töltési tömegtől függően különböző méretben készülhettek.



215. ábra

*Jégrobbantó lőpor- és dinamittöltet, 1903<sup>764</sup>*

A tölteteket a jég alá farúd segítségével ajánlotta lejuttatni a kézikönyv (216. ábra).

<sup>764</sup> Uo., 218–219. sz. ábrák, 298.



216. ábra

*Farúdra erősített jégrobbantó töltet, 1903<sup>765</sup>*

A töltet tömegének megállapításánál Schaffer szerint figyelembe kellett venni:

- A jég vastagságát.
- A töltet leeresztésének mélységét.
- A jég szilárdságát.
- A jég jellegét (pl. sík- vagy fenékjég).

Az alkalmazandó töltet tömegét próbarobbantással javasolta meghatározni, az alábbi táblázatban foglaltak figyelembevételével.

65. táblázat

*Jégrobbantó töltetkísérlet táblázata, 1903<sup>766</sup>*

Jég vastagsága (cm)	Töltet leeresztési mélysége <sup>1</sup> (m)	Lőportöltet tömege (kg)
25–30	1,0	1,5–2,0
45	1,5	3,0
60	2,0	4,0

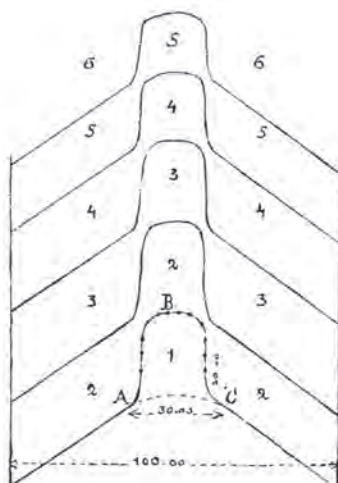
Megjegyzés:

- Jégtorlaszok megbontásakor a fenti mennyiség 2-3-szorosát javasolta alkalmazni.
- Dinamittöltetknél a próbarobbantásokat 0,75–2,5 kg közötti töltetekkel javasolta végezni, a jégvastagság függvényében.

A szerző felidézi, hogy 1879–1880-ban, a Saône folyón, Lyon-Vaise előtt, mintegy 2100 m hosszú jégtorlasz robbantásos megbontásakor találkozhatunk először a folyó sodorvonalában történő csatornarobbantással, melynek során a tölteteket patkó alakban helyezték el (217. ábra). A csatorna kialakítását sürgetővé tette, hogy a jégtorlasz alatt, illetve fölött a vízszintkülönbség ekkorra már több mint 3 méterre nőtt.

<sup>765</sup> *Uo.*, 220. sz. ábra, 298.

<sup>766</sup> *Uo.*, a 299. oldal d) pontja alapján a szerző által készített táblázat.



217. ábra

*Csatorna robbantása befagyott folyó jegébe, 1903<sup>767</sup>*

A munkát a következőképpen szervezték meg: „Egy munkás csapat a homlokszakasban a csatorna tengelyében haladt előre és középárkot robbantott ki, melyet az oldalszakaszokban dolgozó csapatok kiszélesbítettek. A homlokszakaszon ugyanis az ABC-vel jelölt patkóalakú sorban 8-10 töltést helyeztek el (1,0-5,0 kg-osok), melyeket egyidejűleg felrobbantván, a közjük foglalt jégtömeg összefüggése nagyobb terjedelemben meglazult.

Épen így eszközölték a második és többi patkóalaknak robbantását. A mint a homlokszakaszon az imént leírt módon előre haladtak, mindegyik oldalon két-két szakaszon, összesen tehát négyen megkezdték a szélesbítést, nagy tömbökben robbantván ki a csatorna széléig terjedő jémezőt. Az elvált és útnak indult jégtömbök gyakran 30-35 m hosszúak, 16-20 m szélesek és 2-3 m vastagok voltak; köbtartalmuk megközelítette tehát az 1000 m<sup>3</sup>-t. Az ilyet aztán, nehogy a hidakon kárt tegyen, vagy újabb jégtorlódást okozzon, útközben apró darabokra robbantották, ami akként történt, hogy öt-hat 0,8 m mélységű lyukat fúrtak, melyekbe 1,0 kg-os tölteteket téve, azokat egyszerre elsütötték. Az eredmény mindenkor kielégítő volt.

(...) A robbantó munka aránylag gyorsan haladt, amennyiben 7 nap alatt 800 m hosszú, 100 m széles csatornát létesítettek; a kirobbantott jégtömeg meghaladta a 100 ezer köbmétert.

A csatorna szélességét azért kellett 100 m-ben megállapítani, mert kisebb szélességnél a robbantó csapatok egymás munkáját akadályozták volna, amennyiben az elrobbantott jégtáblák egymáshoz igen közel terelődve, elfoglalták volna a tovaúsztatásukra szükséges helyet.”<sup>768</sup>

1891-ben Párizs alatt, a Szajján kellett jelentős *jégvédekezési robbantásokat* végezni. A katonai-műszaki alakulatokat támogatta a műszaki hadosztály ezrediskolája is, ahol kísérleti robbantásokkal próbálták megállapítani a töltetek tömegének meghatározásához alkalmazható képleteket, valamint a robbantásnál használható legegyszerűbb és leghatékonyabb technológiákat. Ekkor született meg a 60 cm-nél vastagabb jégtáblák robbantásához szükséges töltetek tömegének meghatározására<sup>769</sup> az alábbi képlet:

$$T = 0,6 \times v^3 \quad [93]$$

T: a töltet tömege (kg);

v: a jég vastagsága (m).

Ha a jég vastagsága meghaladta az 1,6 métert, akkor egymástól 5 méternyire 1,8 méter mély „aknaüreget” fúrtak, melyekbe 2,5 kg robbanóanyagot helyeztek.

A szerző kiemeli, hogy „az aknaüregek töltéseit akár egy, akár több sorban voltak elhelyezve, durranó-zsinór segítségével egyidejűleg sütötték el, mert a tapasztalat beigazolta, hogy az aknák együttes feldurrantása jelentősen növeli a robbantás hatását, miáltal hatályosabb a rombolás, mint az estben, ha egymás után sütnék el a töltéseket”<sup>770</sup>

<sup>767</sup> *Uo.*, 221. sz. ábra, 300.

<sup>768</sup> *Uo.*, 300–301.

<sup>769</sup> A robbantólyukakat egymástól 3-5 m-re fúrták.

<sup>770</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 307.

Az érdekesség kedvéért jegyezzük meg, hogy az ipari robbantástechnikában ma alkalmazott képlet szerint a jégrobbantó töltet tömegét az alábbi képlettel lehet kiszámolni:<sup>771</sup>

$$Q = k \times W^3 \quad [94]$$

Q: a töltet tömege (kg);

k: a fajlagos robbanóanyag-fogyás értéke (robbanóanyagtól függően 0,3–1,5 között, kg/m<sup>3</sup>);

W: a mértékadó ellenállási vonal (a töltet süllyesztési mélysége, m).

A másik érdekesség, hogy ez az egyedüli szakkönyv, amely ezt a képletet említi. A többi, árvíz- és jégvédelemmel, illetve ipari robbantástechnikával foglalkozó mű vagy a [93]-as Schaffer-képletet ajánlja,<sup>772</sup> vagy egyáltalán nem közöl képletet.<sup>773</sup>

Az 1928-as *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára* című szabályzat robbantással foglalkozó kötetében szintén széleskörűen foglalkozik a jégrobbantással.<sup>774</sup> Az 1903-as *Kézikönyv*öz hasonlóan a robbantásnál megkülönbözteti a feketelőpor, illetve a magas hatóerejű robbanóanyag (esetében az ekrazit) alkalmazását. Schafferhez hasonlóan rögzíti, hogy a „puskaporos töltet aránylag kis lyukat üt (...) a jégbe, de messzire terjedő, sugárirányú repedéseket okoz. A heves robbanóanyagok nagyobb, élesen határolt átütéseket eredményeznek, de repesztő hatásuk csak kis terjedelmű.” A megrepesztett jégtáblákat a víz ereje megbontja, ezért leúsztatásuk egyszerű. „Ebből következik, hogy jégrobbantásnál puskaortölteteket alkalmazása gazdaságosabb.”<sup>775</sup>

A jégrobbantó töltetek tömegének meghatározásánál is követi elődjét, és szintén próbarobbantásokat ajánl, melyekhez ugyancsak egy táblázatot közöl segítségként (66. táblázat).

66. táblázat

*Próbatöltetek táblázata*<sup>776</sup>

Robbantó anyag	Próbatöltet nagysága kg-ban, ha a jégréteg vastagsága		
	20–30 cm	45 cm	60 cm
Lőpor	1,5–2 kg	3 kg	4 kg
	a töltet mélysége a jégtakaró alatt		
	1 m	1,5 m	2 m
Ekrazit	1–2,5 kg		
	1–2 m mélységre		

A *Kézikönyv*höz hasonlóan ugyancsak bemutatja a lőpor és dinamit töltetű robbantószelencéket, kiemelve, hogy ezek nincsenek rendszeresítve a hadseregben. Jogosan merül fel a kérdés, hogy akkor mi keresnivalójuk van ezeknek az eszközöknek egy katonai szabályzatban? A válasz egyszerű: jégvédekezésnél akkor is és ma is bevonják a fegyveres erők műszaki alakulatait a jégrobbantási munkákba. Ilyenkor az aktuálisan működő vízügyi szervek, szervezetek által biztosított (tehát nem katonai) robbantószerekkel fognak dolgozni. Ezért mutatják be ezeket a szabályzatban.

A töltetek elhelyezésére két megoldást is bemutat a mű, melyek közül az első megegyező a 217. ábrán láthatóval. A másik módszer a 218. ábrán látható.

<sup>771</sup> *Árvízvédekezési kézikönyv*. Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, 1974, 157.

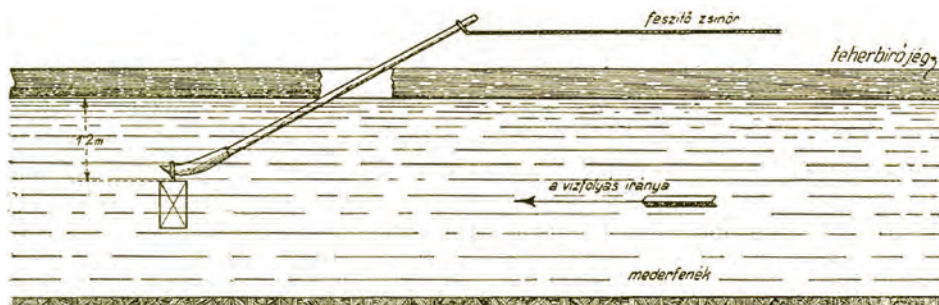
<sup>772</sup> *Irányelvek a jégrobbantási feladatok végrehajtásához*. VÍZDOK, Budapest, 1981, 48.; *Robbantómesterek kézikönyve II*. Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE), Budapest, 1989, 395.

<sup>773</sup> *A jégvédelem kézikönyve*. VÍZDOK, Budapest, 1973.; Bassa R.–Kun L.: *Robbantástechnikai kézikönyv*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.; Bohus G. – Horváth Z. – Papp J.: *Ipari robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.

<sup>774</sup> E.–34. *Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára – 2. füzet, Robbantások – I. rész*. M. kir. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928.

<sup>775</sup> *Uo.*, 393. pont, 269.

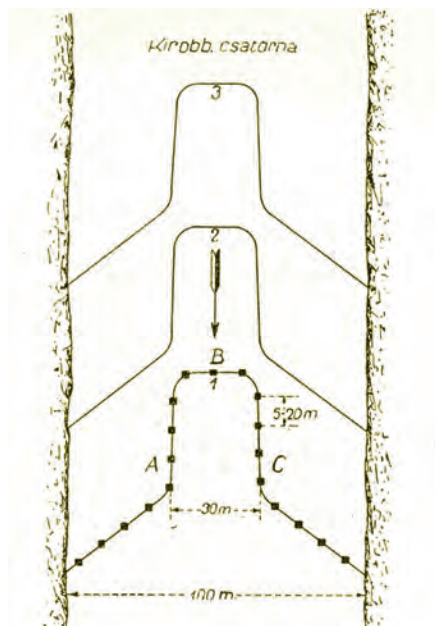
<sup>776</sup> *Uo.*, 396. pont, 270.



218. ábra

*Jégrobbantó töltet elhelyezése a jég alá, 1928<sup>777</sup>*

A jégtorlasz kialakulását a 214. ábrának megfelelően ismerteti a szabályzat. Megszüntetésére a folyó sodrában kirobbantott, 20–40 m széles csatornát javasolja, amennyiben a jégtorlasz alatt legalább 2-3 km folyóvíz található, ahová a lerobbantott jégtáblák leúszhatnak. A robbantás kivitelezésére két módszert is ajánl. Egyrészt a *Kézikönyv*ben már bemutatott, patkó alakú töltet-elhelyezést (217. ábra), kissé pontosított adatokkal (219. ábra), másrészt a sodorvonal két oldalán, sakktáblaszerűen elhelyezett töltetek alkalmazását (220. ábra).



219. ábra

*Csatorna robbantása befagyott folyó jegébe, 1928<sup>778</sup>*



220. ábra

*Csatornarobbanás a jégtorlaszban, sakktáblaszerűen elhelyezett töltetekkel, 1928<sup>779</sup>*

<sup>777</sup> *Uo.*, 177. sz. ábra, 275.

<sup>778</sup> *Uo.*, 181. sz. ábra, 279.

<sup>779</sup> *Uo.*, 180. sz. ábra, 278.



A következő robbantási szabályozásra 1950-ben került sor a magyar fegyveres erőknél. Ebben az évben viszont két kiadvány is megjelent. Először a *Robbantási segédlet*,<sup>780</sup> majd az *Ideiglenes robbantási utasítás*.<sup>781</sup>

A *Segédlet* trolit-, valamint ammonittöltettel történő robbantáshoz egy táblázatot közöl a töltet-megének meghatározásához (67. táblázat).

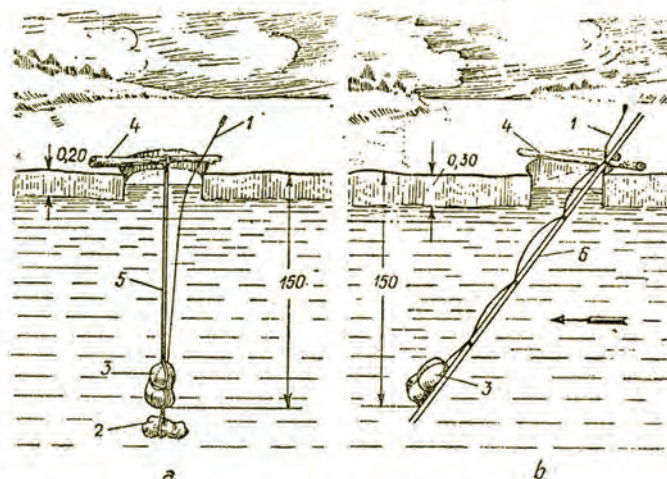
67. táblázat

*Jégrobbantó töltet tömegének meghatározása, 1950*<sup>782</sup>

A jég vastagsága m-ben	A töltet jég alá való leeresztésének mélysége m-ben		
	1.0	1.5	2.0
	Trolit töltet súlya kg-ban		
0.2–0.3	1.0	2.0	4.0
0.3–0.4	1.5	2.5	4.5
0.4–0.5	2.0	3.0	5.0
0.5–0.6	2.5	3.5	5.5
Tömör jégtorlaszban	5.0	7.5	10.0

Megjegyzés: Ammonitból 30%-kal nagyobb tölteteket vegyünk.

A töltetek elhelyezését szemlélteti a 221. ábra.



139. ábra. A töltet jég alá süllyesztése.

a. kötélben, b. léccen,

1. gyújtóvezeték, 2. nehezék, 3. töltet, 4. vízszintes rúd,  
5. kötél, 6. a töltetet tartó rúd.

221. ábra

*A töltet jég alá süllyesztése, 1950*<sup>783</sup>

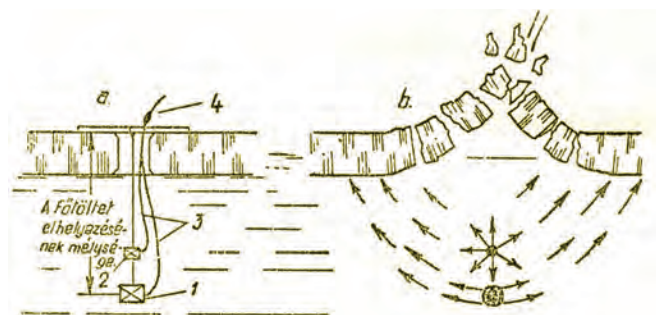
A *Segédlet*ben jelenik meg először a „terelőtöltetes” robbantás. Itt a meghatározott töltettömeget 20%-kal megnövelik, majd ezt két részre osztják 1/4–3/4 arányban. A kisebb lesz a terelőtöltet, mely a töltet teljes leeresztési mélységének 1/4-ébe kerül. A két töltet egy tűzben történő robbantásakor a főtöltet lökéshullámát a terelőtöltet oldalirányban eltéríti, ezáltal megnövelve annak hatását (222. ábra).

<sup>780</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950.

<sup>781</sup> *E.–mű. I. Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950.

<sup>782</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 14. sz. táblázat, 167.

<sup>783</sup> *Uo.*, 139. sz. ábra, 166.



140. ábra. Főtöltet és a terelőtöltet elhelyezése jégrobbantásnál.

a. a töltetek elhelyezése robbantás előtt, b. a terelőtöltet és főtöltet üthullámának hatása.

1. főtöltet, 2. terelőtöltet, 3. durranó gyújtószinór, 4. szerelt gyutacs.

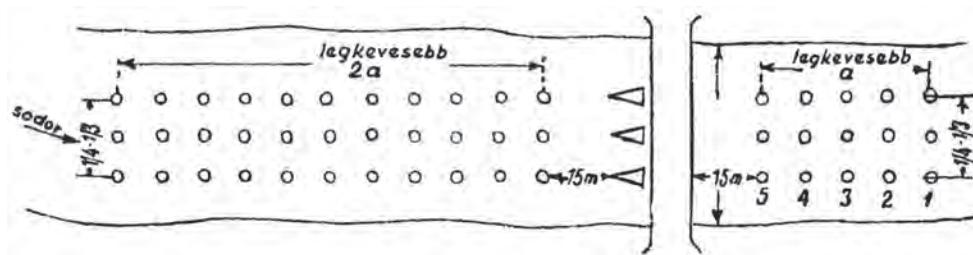
222. ábra

Jégrobbantás terelőtöltettel, 1950<sup>784</sup>

Az *Ideiglenes robbantási utasítás* a *Segédlethez* képest nem hoz újat a jégrobbantásnál alkalmazandó töltetek meghatározása terén. Egy tájékoztató kiegészítést tesz a töltetábrázathoz, mely szerint „1 m<sup>2</sup> jég átütéséhez 0,5 m vastagságig 0,075 kg trotil, vagy 0,1 kg ammonit szükséges”<sup>785</sup>

Újdonság viszont, hogy a jégtorlaszokban létesítendő csatornáknál eddig favorizált patkó alakú betörés helyett elsősorban a hidak védelmét célzó másik módszert ajánl: „Jégtorlaszok képződésének megelőzésére még a jégzajlás kezdete előtt legalább 0.5 m széles csatornát kell törni a híd összes aljzata és a jégtörők körül, azután pedig a folyó hosszában (a hajóúton) a szélességének 1/4-1/3-ával egyenlő szélességű csatornát kell robbantani. A csatorna hossza a folyó szélességének legalább háromszorosa legyen. Ebből két szélességnyi a híd felett, egy szélességnyi pedig a híd alatt legyen.

A csatorna készítését alulról kezdjük. A tölteteket párhuzamos vonalakban helyezük el [223. ábra]. A sorok közötti távolság és az egy sorban lévő lékek közötti távolság 1 töltet robbantásától eredő lék átmérőjének 1.25-1.50-szeres (ez próbarobbantással határozható meg). A lékeket soronként kell robbantani. A kirobbantandó csatorna alsó határán árkokkal átvágjuk a jeget. A robbantás után képződő nagyobb jégdarabokat a csatorna alsó végeinél csáklya, kötél és rúd segítségével a jég alá kell lökni [224. ábra]. Azért, hogy a jéggel dolgozók a jég alá ne kerüljenek, a jég szélé mentén deszkákat kell elhelyezni.”<sup>786</sup>



223. ábra

Jégben való csatornanyitáshoz a töltetek részére lékek készítése, 1950<sup>787</sup>

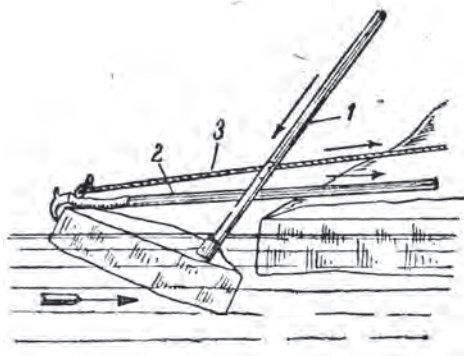
1, 2, 3, 4, 5: léksorok a híd alatt; 'a': a folyó szélessége

<sup>784</sup> Uo., 140. sz. ábra, 167.

<sup>785</sup> E.–mű. I. *Ideiglenes robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 286.

<sup>786</sup> Uo., 312. pont, 287–288.

<sup>787</sup> Uo., 187. sz. ábra, 287.



224. ábra

Jégdarabok jégtakaró alá tasztása<sup>788</sup>

1: farúd; 2: csáklya; 3: kötél kampóval

A 224. számú ábrához kapcsolódó megjegyzés, hogy az alapvető szabályokon felül az *Ideiglenes utasítás* módszertani segítséget nyújt egy látszólag egyszerű feladat végrehajtásához. Azoknak viszont, akik még soha nem találkoztak jégrobbantással, fontos lehet a parancs végrehajtásának mikéntje is. Ugyancsak fontos, hogy kitér a baleset-megelőzés egy módozatára is (ezek sem minden esetben kerültek be a későbbi szabályozásba).

A jégmentes csatorna robbantásához kapcsolódó egyéb szabályok az alábbiak voltak: „A híd-hoz 15 méternél közelebb nem szabad robbantani. A híd feletti csatorna kirobbantására a léksorokat a hajózó úttal párhuzamosan kell elhelyezni a pillérek és a jégtörők irányában. Ha a jég már összetorlódott, akkor azt a torlasz alsó részébe helyezett töltetekkel semmisítjük meg úgy, hogy 20-30 méter széles csatornát robbantunk. A töltetek súlya 5-20 kg. A tölteteket a jégtorlaszban a robbantandó csatornára keresztben 2-3 sorban kell elhelyezni, egymástól való távolságuk a mélységük négyszerese legyen.”<sup>789</sup>

Az 1965-ben megjelent *Mű/2. Robbantási utasítás*<sup>790</sup> külön kezeli a lécek kialakításához szükséges robbantótölteteket és a tényleges jégrobbantó tölteteket. Mindkét esetben táblázatokkal segíti a tervező munkáját.

68. táblázat

A lécek készítéséhez szükséges töltetek súlya és legkedvezőbb telepítési mélységük<sup>791</sup>

Töltet súlya (kg)	Telepítési mélység (m)	A jég vastagsága a robbantás helyén m-ben								
		0,2—0,3	0,3—0,4	0,4—0,5	0,5—0,6	0,6—0,8	0,8—1,0	1,0—1,2	1,2—1,5	1,5—2,0
		a keletkezett lék átmérője m-ben								
1	1,2	6,0	6,0	6,0	5,8	5,6	—	—	—	—
3	1,6	12,0	8,9	8,6	8,4	8,0	7,5	—	—	—
5	1,8	17,0	10,5	10,0	10,0	9,5	9,3	—	—	—
10	2,0	—	13,0	12,5	12,5	12,0	11,5	10,5	—	—
20	2,3	—	—	—	15,8	15,2	14,5	13,5	12,5	10—11

<sup>788</sup> *Uo.*, 188. sz. ábra, 288.

<sup>789</sup> *Uo.*, 312–313. pontok, 288–289.

<sup>790</sup> *Mű/2. Robbantási utasítás*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965.

<sup>791</sup> *Uo.*, 33. sz. táblázat, 359.

69. táblázat

Jégben a lékek átütéséhez szükséges töltetek súlya, 1965<sup>792</sup>

Jégvastagság, m	Külső töltet súlya, kg	A jég vastagságába behelyezett töltetek		
		A töltet behelyezési mélysége, m	A töltet súlya, kg	A lék átmérője, m
0,3	0,2	—	—	—
0,4	0,4	—	—	—
0,5	0,6	0,3	0,4	0,6
0,6	—	0,3	0,6	0,7
0,8	—	0,4	0,8	0,8
1,0	—	0,5	1,0	0,9
1,2	—	0,6	2,4	1,0
1,5	—	0,75	3,0	1,2

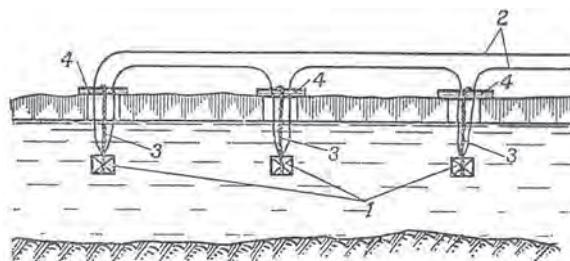
A jégrobbantó töltetknél a földrobbantásnál alkalmazott 'n' töltethatásmutató megjelenése újdonság. Ezáltal szabályozható, hogy a robbanás csak fellazítsa a jeget vagy azt valamilyen mértékben „vesse is ki” (70. táblázat).

70. táblázat

Összefüggő jég robbantásához szükséges töltetek súlya, 1965<sup>793</sup>

A töltet behelyezési mélysége, m	A töltet súlya kg-ban az alábbi n értékeknél			Lazító töltet (kivetés nélkül)
	n=1	n=1,5	n=2	
0,6	0,8	1,8	4,0	0,2
0,8	1,6	3,8	8,4	0,4
1,0	3,0	7,2	15,6	0,8
1,5	6,8	16,2	35,0	1,7
2,0	12,0	28,8	62,5	3,0

A töltetek közötti távolságokat a besüllyesztési mélység 5-6-szorosának ajánlja az utasítás, a tölteteket pedig párhuzamos sorokban helyezteti el a 225. ábra szerint.



225. ábra

Töltetcsoport robbantása, 1965<sup>794</sup>

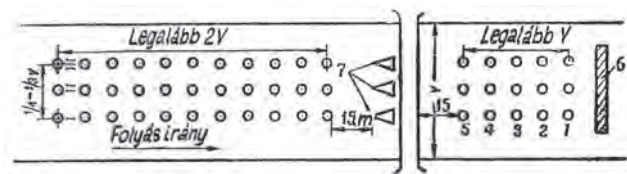
1: töltetek; 2: vezetékek; 3: kötelek; 4: rúd

Az általános tervezést segíti az a – már az *Ideiglenes robbantási utasítás*ban is megjelent – szabály, mely szerint „a jégrobbantáshoz szükséges robbanóanyag mennyiségét hozzávetőlegesen úgy határozzuk meg, hogy a jégtakaró felületének 1 m<sup>2</sup>-re 75 g trojilt számítunk, 0.5 m jégvastagság esetén”<sup>795</sup>

<sup>792</sup> Uo., 34. sz. táblázat, 360.<sup>793</sup> Uo., 35. sz. táblázat, 362.<sup>794</sup> Uo., 269. sz. ábra, 361.<sup>795</sup> Uo., 392. pont, 359.

Megmarad a korábbi „terelőtöltet” is, ezúttal „fojtótöltetként”, és pontosítja az elhelyezési mélységét is a főtöltethez viszonyítva. A *Mű/2.* szerint alkalmazása révén az 1/4–1/5 töltetmög-növekedéssel szemben a keletkező lék átmérője másfélszerese lesz a normál töltetének.

Pontosítja az *Ideiglenes utasítás*ban bemutatott, a hidak jégzajlás elleni védelmét szolgáló jégmentes sáv készítésének ábráját is (226. számú ábra).



226. ábra

A töltetek elhelyezéséhez szükséges lékek a jégben csatorna létesítésekor<sup>796</sup>

I., II., III.: híd feletti hosszirányú léksorok; 1–5: híd alatti keresztirányú léksorok; 6: szabad víztükör; 7: jégtörők; 'v': folyószélesség

Az 1971-ben kiadott *Mű/213. Robbantási utasítás* nem hozott semmi újat 1965-ös elődjéhez képest a jégrobbantás kérdésében.

### 6.2.2. Polgári jégrobbantási szabályok

Az árvíz- és jégvédekezési robbantások során számtalan feladatot kell megoldaniuk az illetékes polgári – elsősorban vízügyi – szakembereknek. Ennek rövid összefoglalását dr. Kovács Zoltán cikke alapján mutatjuk be az alábbiakban.

Az árvízvédekezés során robbantási munkákra kerülhet sor az árvízvédelmi töltések megnyitása (szükségtározók, nyári gátak stb.), a megrongálódott műtárgyak bontása és különböző, a víz szabad lefolyását akadályozó akadályok eltávolítása érdekében. Mind az árvíz-, mind a belvízvédekezés folyamán végezhetnek csatornanyitást és medertisztítást a robbanóanyagok segítségével. A magyarországi álló- és folyóvizeken jégrobbantásra elsősorban a jeges árvízveszélyt okozó jégtorlaszok kialakulásának megelőzésére, illetve a kialakult jégtorlaszok felszámolása érdekében kerül sor, melynek célja:

- vízi műtárgyak (duzzasztóművek, vízkivételi művek, folyószabályozási művek stb.), hídpillérek előtt és mederszűkületekben a jégtáblák megállását megakadályozni;
- folyosót nyitni a jégtakaróban a jéglevonulás biztosítása vagy a jégtörőhajók haladásának érdekében;
- a jégtörő hajókkal nem bontható vagy nem hajózható folyószakaszokon az összetorlódott jégtáblák rombolása;
- közvetlen árvízveszéllyel fenyegető jégtorlasz felszámolása.

Jégrobbantást végeznek még a jégnyomás károsító hatásának megelőzésére, vízi műtárgyak, hídpillérek körüli jégmentes sáv kialakítása, befagyott vízi járművek (hajók, kompok, kotrógépek stb.) kiszabadítása vagy levegőztető lékek (pl. halastavaknál) nyitása érdekében.<sup>797</sup>

A korántsem egyszerű, szétágzó feladatok végrehajtása az ipari robbantástechnikában alkalmazottaktól eltérő tulajdonságokkal rendelkező robbantószerkek használatát követeli meg. A továbbiakban ezeket mutatjuk be.

#### 6.2.2.1. Polgári jégrobbantó töltetek

A II. világháborút követően az első jégrobbantó töltetek feketelőport tartalmaztak. Ezek 5, 10, 25 és 50 kg-osak voltak, hermetikusan lezárt, cinezett bádög-, majd faládaiba helyezve. Indításuk 0,2–0,5 kg-os pentritol<sup>798</sup> detonátorral történt. A szögletes ládák, valamint a faburkolat felhajtó ereje miatt úgy a jégre szállításuk, mint

<sup>796</sup> *Uo.*, 270. sz. ábra, 363.

<sup>797</sup> Kovács Zoltán: Robbantási munkák az ár- és jégvédekezés során. *Műszaki Katonai Közlöny*, XX. évfolyam, 2010/1–4. összevont szám, 159–173.

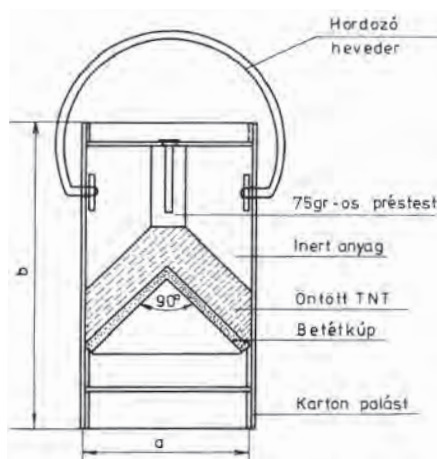
<sup>798</sup> Nitropenta-trotil keverék robbanóanyag.

a jég alá juttatásuk nehéz volt. Ezek mellett még a világháborúból maradt különféle tri-<sup>799</sup> és trotil anyagú, 0,1, 0,2 és 0,5 kg-os szelencéket, valamint 1,3 és 5 kg-os német robbantó egységtölteteket használtak erre a célra.

1948–1949-ben kezdtek a hazai robbanóanyaggyárak 0,5 és 5 kg-os öntött trotiltölteteket, valamint 0,5 és 1 kg-os, ún. döngölt vagy nyújtott tri robbanóanyagokat gyártani. A trotilal mint vízálló robbanóanyaggal nem is volt probléma, viszont a trit szabványos karton, majd efölé még kétszeresen parafinozott nátronpapírba csomagolták, ami viszont a gyutacs behelyezését követően elveszítette vízálló tulajdonságait. Ez a higroszkópos robbanóanyagot használhatatlanná tette.

1950-től kezdődött el a szabványos, 75, 200 és 400 g-os trotil préstestek gyártása, és megindult a Paxit-gyártás is (lásd az 1.5. alfejezetet és a 4. mellékletet). A trotil kiválóan megfelelt a lécek robbantásához, míg a toló hatású (vízmentes csomagolással ellátott) Paxit-4 a jégmező alá juttatva mutatott jó eredményeket. A két robbanóanyag jó tulajdonságait egyesítve fejlesztették ki a Tolnitot, melynek hatásfoka megközelítette a Paxitét, ugyanakkor brizanciája meghaladta azt, a trotiltartalom miatt. Az 1960-as években 4, 10 és 20 kg-os, hengeres PVC-burkolatba hegesztett Tolnit jégrobbantó tölteteket gyártottak, melyeknek egyedüli hibája ugyanaz volt, mint a korábbi tritölteté. A gyakorlati felhasználás során a burkolat kiszakadt, így a töltet beázott.<sup>800</sup>

Az első áttörést a jól használható, kimondottan jégrobbantásra tervezett töltetknél a jéglyukasztó irányított töltetek (JIT, lásd a 227. ábrát) és a jégrobbantó trotiltöltetek (JTT) megjelenése hozta.



227. ábra

*Jéglyukasztó irányított töltet (JIT) metszete*<sup>801</sup>

A jéglyukasztó irányított töltet (JIT) burkolata zárt, henger alakú, parafinozott kartonpapír volt, a felső részén hordhevederrel. Öntött trotiltöltetét egy 75 g-os trotiltöltény detonátor indította.<sup>802</sup> A töltet akár RG, akár tetszőleges, 8-as erősségű villamos gyutaccsal robbantható volt. A kumulatív töltet betétkúpja gipszből készült. A kumulatív hatás kialakulásához szükséges fókusz távolságot a kartonpalást biztosította. Különböző jégvastagságok átütéséhez 5 méretben készült. (Adatai a 71. táblázatban találhatók.)

<sup>799</sup> Nitrokeményítő, tri II. Régebben lőszer töltésére és robbantásra használt, a TNT-nél kevésbé stabil robbanóanyag. Részletesebben lásd az 1. mellékletet.

<sup>800</sup> Az alfejezet első felének megírásához alapul szolgált: A jégvédelem kézikönyve. VÍZDOK, Budapest, 1973, 154–156.

<sup>801</sup> Irányelvek a jégrobbantási feladatok végrehajtásához. VÍZDOK, Budapest, 1981, 7. sz. ábra, 34.

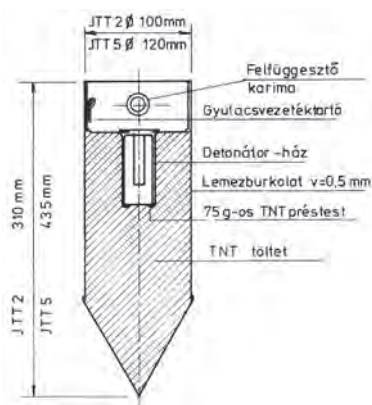
<sup>802</sup> Mint ismert, az öntött trotil iniciálásához nem elegendő egy 8-as erejű gyutacs indítóenergiája, ezért szükséges a már gyutacsindítható préselt trotil indítótöltet.

71. táblázat

*Jégrobbantó irányított töltet (JIT) adatai*<sup>803</sup>

Töltet megnevezése	„a” töltettest $\phi$ -je (mm)	„b” töltettest hossza (mm)	TNT névleges súlya (kg)
JIT 1	140	260	1,0
JIT 2	160	292	2,0
JIT 3	180	324	3,0
JIT 4	200	326	4,0
JIT 7,5	250	400	7,5

A jégrobbantó troiltöltet (JTT) vaslemez burkolatot kapott. Az alsó végén kúpos kiképzésű hengeres testet – mely a töltetnek a robbantott lyukba vagy lékbe való könnyebb lejutását biztosította – úgy a külső, mint a belső felületén korróziógátló bevonattal gyártották. A töltettest felső végén, a palást belső oldalán gyutacsvezeték-tartó fület képeztek ki. A töltetet a szintén ráerősített kenderkötéllel lehetett leengedni rendeltetési helyére. Egyedüli gyengeségét viszonylag kis töltettömege jelentette. A JTT 2 és JTT 5 töltetek a jelzett tömegű öntött troilit tartalmazták. A leírások szerint 0,5-1,0 m vastag jégpáncélt tudott fellazítani, feltörni. Lékbe 1-2 m mélyen leeresztve 4–6 m<sup>2</sup> jeget lehetett vele darabolni.<sup>804</sup> Indítása a JIT-hez hasonlóan gyutaccsal indított 75 g-os préselt troilt detonátorral történt (228. ábra).

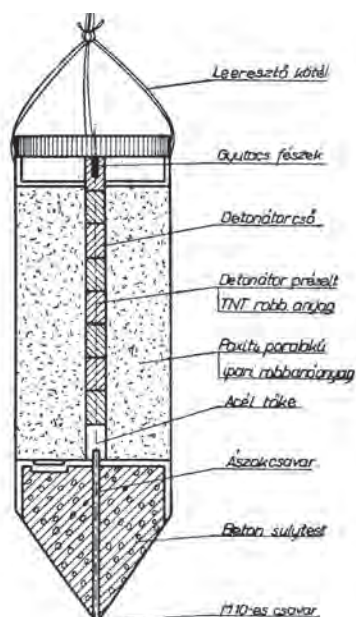


228. ábra

*Jégrobbantó troiltöltet (JTT)*<sup>805</sup>

Tudva, hogy a brizáns troilit a kumulatív töltetknél és felszíni robbantásoknál ugyan kiváló, viszont gázfejlesztő képessége (fajlagos gáztérfogata) elmarad az ammónium-nitrát bázisú ipari robbanóanyagokétól, újabb kísérlet történt az ipari robbanóanyag Paxit jégrobbantó töltetekben történő felhasználására. Így született meg a jégrobbantó Paxit-töltet (JPT) sorozat, ahol – ugyancsak tanulva a múlt hibáiból – nem műanyag, hanem hengeres vaslemez burkolatba került a robbanóanyag. A test alsó végéhez csavarkötéssel betonkúp nehezéket lehetett rögzíteni. Ugyanitt helyezkedett el a töltetburkolat robbanóanyaggal történő feltöltésre szolgáló, vízmentesen lezárható nyílás is. A JIT-hez hasonlóan gyutacsvezeték-tartó füffel, valamint a leeresztést szolgáló kenderkötéllel készült a robbanótest. A biztos indítás érdekében közepén, a töltet hosszában végigfutó detonátorcsőben 75 g-os troiltöltényeket helyeztek el. Négyféle méretben, 10, 20, 35 és 45 kg-os töltettömegegél készültek. A korábbi troiltöltetekkel szemben viszont volt egy nagy hátrányuk: míg a troilit tárolhatósági ideje min. 15–20 év, addig ezek csak 2 évig voltak használhatók (229. számú ábra).

<sup>803</sup> *Irányelvek a jégrobbantási feladatok végrehajtásához.* VÍZDOK, Budapest, 1981.<sup>804</sup> *A jégvédelem kézikönyve.* VÍZDOK, Budapest, 1973, 163.<sup>805</sup> *Irányelvek a jégrobbantási feladatok végrehajtásához.* VÍZDOK, Budapest, 1981, 9. sz. ábra, 37.

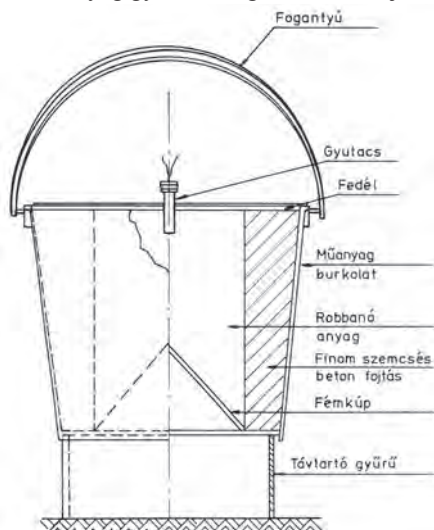


229. ábra

*Jégrobbantó Paxit-töltet (JPT)*<sup>806</sup>

A készre szerelt jégrobbanó tölteteknek, bár a Paxit-tartalmúak kivételével valóban hosszú tárolhatósági idővel bírtak, mégis volt egy nagy hibájuk. Az ország leginkább veszélyeztetett pontjain, robbanóanyag-raktárakban kellett őket tárolni, őrizni. Amíg a Magyar Néphadsereg alakulatai számos helyőrségben szolgáltak, addig ez megoldható volt a raktárakban. A hadsereg átszervezése (létszám- és helyőrségcsökkentés) miatt viszont ezek a lehetőségek egyre szűkültek, a vízügyi szerveknek viszont sem megfelelő anyagi, sem pedig raktározási feltételei nem voltak ennek önálló biztosítására. Ekkor jött a nagy ötlet! Csak töltetburkolatokat kell készíteni (elsősorban műanyagból), ezek a vízügyi raktárakban gond nélkül tárolhatók, majd ezeket – szükség esetén – a felhasználás helyén kell feltölteni a gyártóktól szintén a helyszínre szállított robbanóanyaggal.

Szegény ember vízzel főz, bár a leleményesség dicsérendő: az első helyszínen tölthető irányított töltetek (HT-IT) a kereskedelemben beszerezhető fedeles műanyag vödörök, továbbá nagy átmérőjű műanyag csatornacsövek felhasználásával készültek. Ezekbe – nagyságuktól függően – 1,3 és 5 kg ömlesztett Paxit-töltet kerülhetett. A robbanóanyagot a vödör aljában kialakított „hatásnövelő betonfojtás” vette körül, míg a kumulatív betétkúp fémből készült. A fókusz távolságot biztosító műanyag gyűrű a megfelelő átmérőjű csatornacsőből készült (230. ábra).



230. ábra

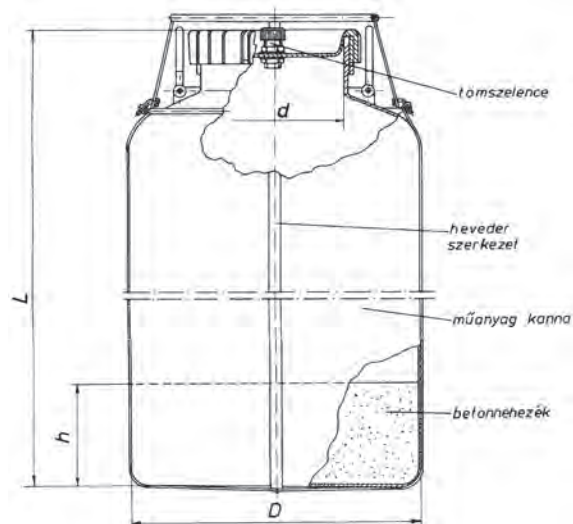
*Helyszínen tölthető irányított töltet (HT-IT)*<sup>807</sup>

<sup>806</sup> A jégvédelem kézikönyve. VÍZDOK, Budapest, 1973, 62. sz. ábra, 164.

<sup>807</sup> Irányelvek a jégrobbantási feladatok végrehajtásához. VÍZDOK, Budapest, 1981, 7. sz. ábra, 34.



Hasonló logika alapján készültek el a szintén helyszínen tölthető, műanyag burkolatú jégrobbantó Paxit-töltetek (MJPT). Szintén a kereskedelemből szerezték be hozzá a különböző méretű vízzáró műanyag kannákat, melyeket a céloknak megfelelően utószereltek. A lékbe eresztést szolgálta a fenéken elhelyezett betonnehézék. Mivel a kannák nem ilyen extrém súlyra voltak méretezve, ezért egy vázszerkezetet is szereltek rájuk. A robbantóvezeték és a leeresztő kenderkötéltekercs egy rögzítő bilinccsel csatlakozott a hevederszerkezet felső részén lévő merevítő karikához. A töltet vízmentességét a csavaros fedélbe szerelt gumitömítésű tömszelence biztosította (231. és 232. ábrák). A töltet négyféle méretben készült. (Adatait lásd a 72. táblázatban.)



231. ábra

Műanyag burkolatú jégrobbantó Paxit-töltet (MJPT)<sup>808</sup>



232. ábra

Műanyag burkolatú jégrobbantó Paxit-töltet (MJPT)<sup>809</sup>

72. táblázat

Műanyag burkolatú jégrobbantó Paxit-töltet (MJPT) adatai<sup>810</sup>

	L (mm)	D (mm)	h (mm)	d (mm)
MJPT 20-B	425	280	130	140
MJPT 30-B	595	280	160	140
MJPT 50-B	630	355	150	140
MJPT 60-B	720	355	150	140

<sup>808</sup> Uo., 10. sz. ábra, 38.

<sup>809</sup> Fotó: Zsóri Ferenc (az NKE Műszaki tanszék robbantástechnikai szaktantermében).

<sup>810</sup> Irányelvek a jégrobbantási feladatok végrehajtásához. VÍZDOK, Budapest, 1981, 38.

A töltetek robbanóanyag nélküli bruttó tömege 20, 30, 43 és 45 kg. A betölthető robbanóanyag-mennyiség, szintén emelkedő számsorrendben, 10, 18, 29 és 40 kg.

Az utolsó fejlesztés a helyszínen tölthető irányított töltetek terén (HT-IT) történt. A tatabányai Központi Bányászati Kutatási Fejlesztési Intézet (KBFI) fejlesztette ki a ma is raktárakban tárolt új, üvegszálas poliészter töltettesteket, melyek 1, 3, 5 és 8 kg ömlesztett Paxit betöltésére szolgáltak. A fémből készült kumulatív kúppal szerelt tölteten hordozófül segíti a könnyebb kézi szállítást (233. ábra).



233. ábra

*A KBFI által kifejlesztett HT-IT család<sup>811</sup>*

Az utolsó kérdés már csak az, hogy a hazai robbanóanyag-gyártás terén bekövetkezett változások mennyiben érintik a jégrobbantási feladatok végrehajtását. A Paxit-gyártás befejezése után még az Ipari Robbantó Kft., majd a jogutód MAXAM Magyarország Kft. gyártott – ráadásul vízálló – gázbuborék érzékenyítésű emulziós robbanóanyagot.

A gyár végleges bezárását követően egyedül a MIKEROBB Kft. üvegyöngy érzékenyítésű ANDO-V – szintén vízálló – robbanóanyag-családja maradt. Alkalmazhatóságáról kísérleteket kellene végezni, mert bár – az 5.2.2.5. alfejezetben tárgyaltak szerint – megemelt üvegyöngytartalom mellett ez a robbanóanyag  $-25\text{ °C}$ -ig alkalmazható, például a kis szájnnyílású, újabb HT-IT töltetekbe (lásd 233. ábra) való betölthetőségük kérdéseket vet fel.

Ugyanígy kérdéses és kipróbálást igényelne az AUSTIN Powder Hungary Kft. töltő-keverő gépkocsijával készíthető emulziós robbanóanyagok fagyos körülmények közötti felhasználhatósága. A gyártó szerint a berendezés képes  $-30\text{ °C}$ -ig alkalmazható emulzió előállítására és akár a robbanótest burkába a helyszínen történő beszivattyúzására.

#### 6.2.2.2. Polgári jégrobbantási módszerek, eljárások

A polgári jégrobbantó szervezetek által alkalmazott módszerekről a legalaposabb ismereteket az 1981-ben kiadott *Irányelvek a jégrobbantási feladatok végrehajtásához* című könyv (a továbbiakban *Irányelvek*) tartalmazza.<sup>812</sup> A következőkben elsősorban ennek alapján mutatjuk be az alkalmazásra ajánlott eljárásokat.

A jégrobbantó töltet számításához a Schaffer-féle, 1903-as *Kézikönyvben*<sup>813</sup> található [93]-as képletet ajánlja. Ugyanakkor megjegyzi, hogy az „ezzel a képlettel számított töltet 1 m jégvastagság alatt kevés, 2 méter jégvastagság felett általában sok”.<sup>814</sup> Ezért a Vegyi és Robbantástechnikai Kutató Laboratórium által gyakorlati adatokból összeállított táblázat alkalmazását javasolja (73. táblázat).

<sup>811</sup> Fotó: Zsóri Ferenc (az NKE Műszaki tanszék robbantástechnikai szaktantermében).

<sup>812</sup> *Irányelvek a jégrobbantási feladatok végrehajtásához*. VÍZDOK, Budapest, 1981.

<sup>813</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903.

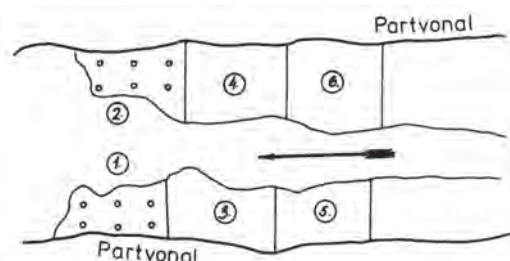
<sup>814</sup> *Irányelvek a jégrobbantási feladatok végrehajtásához*. VÍZDOK, Budapest, 1981, 48.

73. táblázat  
Töltet táblázat jégrobbantáshoz<sup>815</sup>

A leeresztés mélysége (m)	3	5	6,5	7,5	8,4	A jég vastagsága (m)
A töltet tömege (kg)	5	10	20	35	45	
A töltetek egymástól való távolsága (m)	6–12	10–20	15–30	17–34	18–38	0,2–0,4
	6–11	10–18	15–28	17–30	18–36	0,6
	6–10	10–17	14–27	16–28	18–35	0,8
	6–8	10–16	13–26	15–26	17–34	1,0
	6–8	10–12	12–20	15–24	17–26	torlódott fenékjég
Robbantási tölcser átmérője (m)	6	10	13	15	16,8	
Robbantási tölcser köbtartalma (m <sup>3</sup> )	28	130	267	440	600	

Más szakkönyveket nézve, sem a *Robbantástechnikai kézikönyv*,<sup>816</sup> sem pedig az *Ipari robbantástechnika*<sup>817</sup> nem közöl képletet a jégrobbantáshoz szükséges robbanóanyag-mennyiség meghatározásához. A *Robbantómesterek kézikönyve II.* a fenti, Schaffer-féle [93]-as képletet ajánlja. Egyedül a 6.2.1. alfejezetben már említett *Árvízvédekezési kézikönyv*<sup>818</sup> hoz újat ebben a tekintetben a [94]-es képlettel, mely a betűjelölések eltérő formája, de azonos tartalma mellett annyiban jelent változást a Schaffer-képlettel szemben, hogy az ott alkalmazott 0,6-os konstans szorzót egy 'k' fajlagos robbanóanyag-fogyási mutató váltja fel, melyen belül a körülményeknek megfelelően választhatunk 0,3–1,5 értéket.

*Karéjjég kialakulására* zátonyokon és kanyarokban lehet számítani, ahol a víz sebessége kisebb. Ugyanakkor gátolhatják a sodorvonalban levonuló jégtáblák mozgását, ezért robbantását a partról, árral szemben, szakaszonként javasolja végrehajtani az *Irányelvek*. A töltetek nagyságát a jég vastagsága szerint veszik figyelembe, és eszerint végzik a töltetek kiosztását is (az egymástól való távolságot és a sortávolságot a 73. táblázat szerint véve figyelembe; lásd a 234. ábrát).



234. ábra

*Karéjjég robbantása*<sup>819</sup>

Összefüggő jégtakaró esetén elsősorban a műtárgyak védelme érdekében javasolja a robbantást a kiadvány. A jeget ilyenkor 200-300 m-es hosszban bontják meg robbantással a folyó teljes szélességében, hogy biztosítsák a fentről jövő jég szabad levonulását. A robbantást a kijelölt szakasz alsó végéről kezdik meg, hogy a lerobbantott anyag leúsztatható legyen (235. ábra).

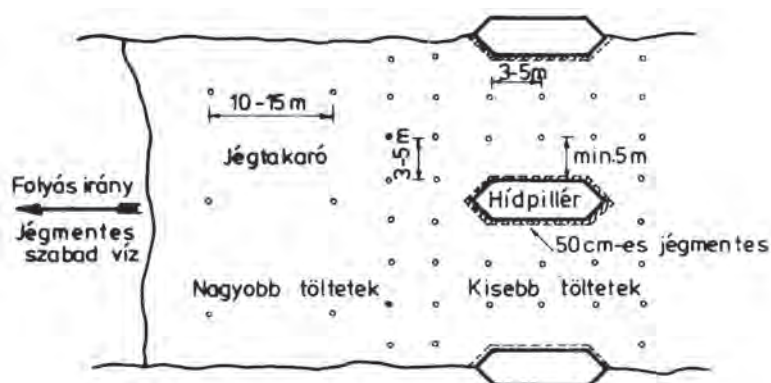
<sup>815</sup> Uo., 1. sz. táblázat, 48.

<sup>816</sup> Bassa R. – Kun L.: *Robbantástechnikai kézikönyv*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.

<sup>817</sup> Bohus G. – Horváth Z. – Papp J.: *Ipari robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.

<sup>818</sup> *Árvízvédekezési kézikönyv*. Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, 1974.

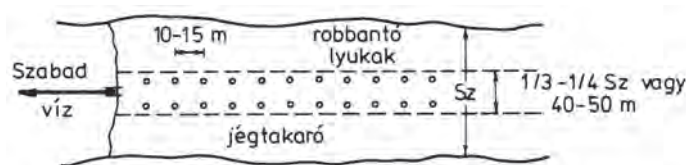
<sup>819</sup> *Irányelvek a jégrobbantási feladatok végrehajtásához*. VÍZDOK, Budapest, 1981, 15. sz. ábra, 52.



235. ábra

*Jégtakaró robbantása műtárgy védelme céljából*<sup>820</sup>

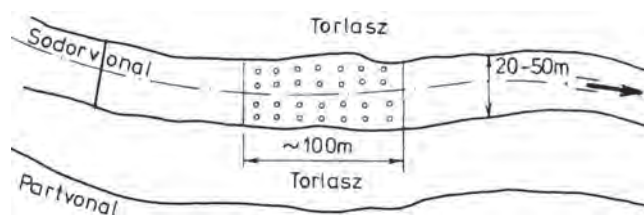
Ugyancsak az összefüggő jégtakaró robbantása válhat szükségessé egyes szakaszokon, ha a folyó felső szakaszán a jég levonulása megindult, és félő, hogy a zajló jég a jégtakaróba ütközve jégtorlaszt hozhat létre. Ilyenkor a folyó hosszabb, akár több kilométeres szakaszán is középfolysó robbantását javasolja az *Irányelvek*. A folyosó nyitását a sodorvonalban, a folyó 1/3–1/4 szélességében ajánlja, megjegyezve, hogy nagyobb folyók esetén ez akár 40-50 m is lehet. A tölteteket sakktáblaszerűen helyezik el úgy, hogy először lékeket robbantanak például HT–IT töltetek segítségével, majd a jég alá süllyesztett MJPT-töltetekkel végzik el a rombolást (236. számú ábra).



236. ábra

*Középfolyosó nyitása robbantással*<sup>821</sup>

*Torlódott jég* általában mederszűkületben, kanyarulatokban keletkezik. A jégtorlasz robbantással történő megnyitását az egyik legveszélyesebb jégrobbantási műveletként jellemzi az *Irányelvek*. Általában HT–IT töltetekkel próbálják a torlaszt átlukasztani, ennek sikertelensége esetén pedig a robbantott lyukakba MJPT-tölteteket helyeznek és robbantanak fel. Ajánlása szerint célszerű egy tűzben mindig több töltetet robbantani, a torlaszra gyakorolt hatás növelése céljából. A töltetek elhelyezésére kétféle módszert is ajánl (lásd a 237. és 238. ábrákat).



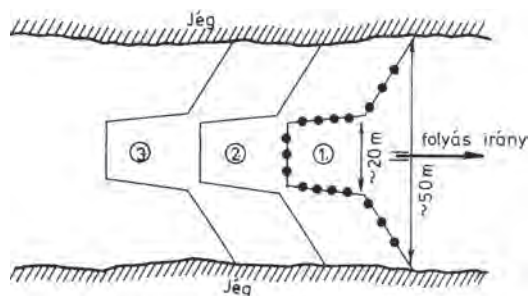
237. ábra

*Jégtorlasz robbantása*<sup>822</sup>

<sup>820</sup> *Uo.*, 16. sz. ábra, 52.

<sup>821</sup> *Uo.*, 17. sz. ábra, 53.

<sup>822</sup> *Uo.*, 18. sz. ábra, 54.



238. ábra

*Jégtorlasz robbantása a töltetek patkó alakú elrendezésével*<sup>823</sup>

A feladat nagyságát érzékeltetendő, befejezőként idézzünk egy gondolatot az *Árvízvédekezési kézikönyv*-ből.<sup>824</sup> A jégtorlaszban hálózatszerűen elhelyezett töltetekkel robbantható folyosóra mutatja be a következő példát. „Egy dunai, kb. 1 km hosszú, 4-8 m vastag torlaszban, alulról a sodorvonalban 500 m hosszú, 100 m széles csatorna kirobbantásával a torlasz megbontható. Ehhez 13-15 méteres négyzetes hálózatban 300-350 db lék készítése és ugyanennyi jégakna elrobbantása szükséges. A felhasználható 5 kg-os perforátorok<sup>825</sup> és 45 kg-os jégaknák<sup>826</sup> robbanóanyag-tartalma mintegy 18 t, teljes súlya 30 t.”<sup>827</sup>

### 6.2.3. A hazai jeges árvizek és jégrobbantás rövid történeti áttekintése

Az alfejezetben Tóth Ferencnek, a Magyar Robbantástechnikai Egyesület *Fúrás-, Robbantástechnika 2012* nemzetközi konferenciáján elhangzott előadására, illetve a konferencia kiadványában megjelent cikkére támaszkodunk.<sup>828</sup>

„1732 februárjában, 1744. március 4–10. között és 1768-ban rendkívüli jeges árvíz volt Pest megyében, mely alkalommal 557 ház összeomlott és 3662 állat veszett oda. A védekezés akkoriban csak helyi jellegű lehetett.”<sup>829</sup>

Ezután sorban következtek az árvizek: 1775-ben, 1781-ben, 1789-ben, 1799-ben, 1807-ben, 1811 telén, 1830-ban. A legnagyobb pusztítást a híres-hírhedt 1838. márciusi jeges árvíz okozta, mely Pesten 2281, Budán 204, Óbudán pedig 397 házat döntött romba, további 1363-at pedig megrongált.<sup>830</sup> Az áradás a volulása során további ezer házat tett tönkre a Duna menti falvakban.

1876. január 30-án Dunavecse és Gerjen térségében torlódott fel a jég, mintegy 8 km hosszban és 5,6-6,6 m vastagságban. Itt történtek az első hazai kísérletek egy torlasz robbantással történő felszámolására. A dinamittal végzett robbantások sajnos eredménytelennek bizonyultak, ahogy erről az egyik résztvevő, Dolecskó Mihály mérnök február 20-án készült, *Leírás az 1867. évi február hóban a Dunán Fajsznál a Várszegi átmetszésben a jégen tett dinamit kísérletek kapcsán* című beszámolójában írt.

A fenti kudarc ellenére egészen 1901 februárjáig nem folytak hazai kísérletek a jégrobbantás terén. Ekkor Visegrádon hajtottak végre kísérleti robbantásokat a beállt Duna jégén (összesen 41 próbarobbantás történt, melyek eredményeit dokumentálták). Az itt szerzett tapasztalatokat már a következő évben fel kellett használniuk a szakembereknek, amikor a Baja és Gerjen közötti Duna-szakaszon képződött szilárd, egybefüggő jégtakaró. A robbantások során „tapasztalták, hogy a brizáns dinamit a tömör jégben hatékony, a kevésbé brizáns haloxilin viszont a laza szerkezetű jég megbontásánál eredményes. A kapcsolt robbantások és az esetenként 40 kg-os aknák használatával több nap több csatornát nyitottak a torlaszba. Első nap 80 m széles és 100 m hosszú, második nap 80 m széles és 250 m hosszú, majd 200 m hosszú és 160 m széles csatornát nyitottak.”<sup>831</sup>

<sup>823</sup> *Uo.*, 19. sz. ábra, 54.

<sup>824</sup> *Árvízvédekezési kézikönyv*. Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, 1974.

<sup>825</sup> Jégrobbantó trotiltöltet, JTT 5.

<sup>826</sup> A jégrobbantó Paxit-töltetet nevezték jégaknának is, jelen esetben a JPT 45-öt használták.

<sup>827</sup> *Árvízvédekezési kézikönyv*. Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, 1974, 157.

<sup>828</sup> Tóth Ferenc: *Jégrobbantás évszázada Magyarországon*. „Fúrás- robbantástechnika 2012” Nemzetközi Konferencia kiadványkötete (*Robbantástechnika* periodika, a konferencia különszáma), 118–126.

<sup>829</sup> *Uo.*, 119.

<sup>830</sup> Ezt az árvizet örökítette meg Jókai Mór a *Kárpáti Zoltán* című regényében.

<sup>831</sup> *Uo.*, 120.

1903-ban a Vág folyó keszegfalvi kanyarjában állt meg a jég, melynek megbontásában a 13. utászlóalj katonái vettek részt. Január 7-én mintegy 70-80 m hosszúságban és 50 m szélességben nyitottak robbantással csatornát a jégben. Ehhez 140 kg ekrazitot, 400 m durranó gyújtózsínort és 75 db 2 g-os lövőkupakot<sup>832</sup> használtak fel.

1940 tavaszán használtak először légibombákat a folyók jégmentesítésére. A Magyar Mérnök és Építészegylet 1940. december 17-i egyetemes szakülésén elhangzott előadás foglalta össze a történeteket. Eszerint: „A fiatal magyar légierőnek sem gyakorlata, sem tapasztalata nem volt a jégrobbantás tekintetében. Hét Junkers 86 típusú bombázó repülőgép, összesen 271 db 50 kg-os bombát dobott az Ercsi és Baja közötti jégtorlaszra.”<sup>833</sup> Az eredmény nem volt biztató, és ebben komoly szerepet játszottak a védekezés szerveztségének hiányosságai, a vízügy és a légierő közötti együttműködés csekély volta.

Komoly előrelépést jelentett, amikor a Magyar Mérnök és Építészegylet 1940. december 10-i egyetemes szakülésén polgári célra is elérhetővé váltak a jégrobbantások akkori tapasztalatai, ezen belül a különböző robbanóanyagok hatásai, a jégvastagságonként alkalmazható töltetmennyiségek és azok leeresztési mélységei, vitéz Gerendy Emil *A Zagyva és a Tisza közötti árvízvédelmi munka. A jégrobbantás technikája* című előadása által.

A II. világháború után a legnagyobb jeges árvíz 1956 tavaszán tört Magyarországra. Katasztrófális hatásán kívül egyetlen pozitívuma: döntő mértékben meghatározta a továbbiakban a jégvédekezésre történő felkészülés nagyságát és módszereit.

A Duna több száz kilométeren teljes szélességében befagyott, jelentős jégvastagsággal. Ár- és hideghullámok váltották egymást, ami hol megindította, hol pedig újból összefagyasztotta a jeget, melynek eredményeként helyenként hatalmas, akár 7–11 m magas, megbonthatatlan jégtorlaszok képződtek. „Ezek hatására eddig nem tapasztalt intenzitású vízszintemelkedés alakult ki. A jeges ár Baján 1956. március 13-án tetőzött 1037 cm-rel.”<sup>834</sup>

Az 1955. január 15-én felállított Vízügyi Igazgatóság a honvédséggel közösen heroikus küzdelmet folytatott az elemekkel. A robbantások mellett a katonai IL–10-es repülőgépek az ország összes bombáját felhasználták e munka során. A tüzérség aknavetőkkel lőtte a torlaszokat. A jégrobbantás mellett – a lakott területek árhullámtól való megóvása érdekében – helyenként az árvízvédelmi töltéseket is felrobbantották, a környező földekre vezetve el a vizet. Később persze ez is gondot jelentett, így az ár levonulása után újból töltéseket kellett robbantani a víz mederbe visszavezetése érdekében.

A tapasztalatokat értékelve megállapították, hogy „a védelemvezetést hátráltatta a különböző hatóságokkal szembeni jelentéstételi kötelezettség ellátása. Emiatt a következő védekezések esetére javasolták a tájékoztatási szolgálat felállítását.”<sup>835</sup>

Az 1955–1956-os árvízzel kapcsolatban Tóth Ferenc még megjegyzi: ilyen mértékű katasztrófális jeges árvizet napjainkban a teljes jégtörő flotta és az összes rendelkezésre álló technikai eszköz bevetésével sem lehetne kivédeni.

A folyószabályozások és a jégvédekezés megelőző munkái (pl. már a jégképződés kezdeti szakaszában jégtörő hajók alkalmazása) miatt az elmúlt évtizedekben viszonylag kevesebb alkalommal, és az 1955–1956-osnál nagyságrendekkel kisebb mértékben kellett jégrobbantási munkákat végezni hazánkban. 1966 februárjában a Berettyón Szeghalomnál, a vasúti hídnál akadt meg a jég. A budapesti Árvízvédelmi Készenléti Szervezet és a Hadihajós Ezred robbantó részlegei napokon keresztül robbantották a jeget a térségben, ennek ellenére az érkező újabb jégtáblák a torlasz feletti szakaszon leborotvták a gát tetejét. Végül a védekezés kilencedik napján sikerült felrobbantani az elakadt jeget a gáborjáni hídnál. A munkák pozitívumai azok az újabb tapasztalatok voltak, melyeket a későbbi védekezések során tudtak felhasználni:

- „az árvízvédekezés új szemlélete, a védtárolós technológia kialakítása teret nyert;
- a tározók gyors megnyitására robbantási helyeket építettek ki;
- a zajló jég terelése érdekében bevezetésre került a hajókról történő dobótöltetes robbantási technológia.”<sup>836</sup>

1973-ban a Dunán történt helyi jelentőségű jégrobbantás azokon a helyeken, ahová a jégtörők nem tudtak bejutni. 1974-ben és 1977-ben a Felső-Tiszaán kellett robbantással megbontani a jégtörő hajók által visszahagyott karéj- vagy parti jeget. Ugyancsak itt kellett 1985-ben jeget robbantani az előbbihez hasonlóan,

<sup>832</sup> A Nobel-féle, 2 gramm durranóhigany tartalmú gyutacs.

<sup>833</sup> Tóth Ferenc: *Jégrobbantás évszázada Magyarországon*. „Fűrés- robbantástechnika 2012” Nemzetközi Konferencia kiadványkötete (*Robbantástechnika* periodika, a konferencia különszáma), 121.

<sup>834</sup> *Uo.*, 121–122.

<sup>835</sup> *Uo.*, 122.

<sup>836</sup> *Uo.*, 123.

a jégtörők által elérhetetlen szakaszokon. 2003-ban a Tiszalöki Erőmű alvízcsatornája fagyott be. A jégtörő hajók megérkezéséig szintén robbantással lazították fel a jeget, de a víz sodrása csak lassan vitte el a megbontott táblákat. Ez is azt erősítette meg, hogy a két technológia, a jégtörő hajók és a jégrobbantás együttes alkalmazása hozhat kielégítő eredményt.

A hazai jégrobbanással kapcsolatos legpontosabb összefoglalást az érintettől, az Országos Vízügyi Hivatal (OVH) Árvízvédelmi Belvízvédelmi Központi Szervezet (ÁBKSZ) jégrobbantó osztágának hajdani vezetőjétől, Rozsnyói Pétertől kaphatjuk, aki az Építőipari Tudományos Egyesület (ÉTE) Robbantástechnikai szakbizottsága III. Építőipari robbantástechnikai kollokviumára készült előadásában az alábbiakról írt 1983-ban.<sup>837</sup>

„A végrehajtott árvízvédelmi robbantásokat évtizedekre visszamenőleg tanulmányozva megállapítható, hogy alkalmazásuk szükségességét és eredményességét illetően megoszlanak a vélemények és így utolsó megoldásként kezelve, elrendelésükre sokszor már csak késve került sor.

A különleges töltetek hiánya, egyes szakszerűtlenül végrehajtott robbantások eredménytelensége vagy a környezet károsodása miatt az árvízvédelmi robbantások az utóbbi időkig csak alárendelt szerepet kaptak a védekezéseknél, térben és időben teljesen váratlanul kerültek végrehajtásra.

Az utóbbi években mind eszköz, mind igény oldalról lényeges változás tapasztalható.

A vízügyi szolgálat kifejlesztette a kumulatív hatású jéglyukasztó tölteteket, valamint a vízzáró burkolatú jégrobbantó tölteteket. A töltetburkolatok a feltételezet beavatkozási helyek közelében tárolhatók és szükség esetén a helyszínen betölthetők. A várható feladatokra robbantástechnikai és biztonsági számítások készültek, melyek a robbantás eredményességét és a környezet védelmét szolgálják.

Az árvízvédelmi robbantások iránti igény is megváltozott. A vízfolyások kémiai szennyezése, hőterhelésének növekedése, a jégtörő hajók munkája és nem utolsósorban az árvízvédelmi töltések megerősítése következtében a nagyobb folyókon a jeges árvízveszély valószínűsége csökkent. A jégrobbantási tevékenység a közepes és kisvízfolyásokra tevődött át...

A jégrobbantási munkák tervezhetőségét és tervszerűségét szolgálja a magyarországi közepes és kis vízfolyásokra készült jégrobbantási terv. A terv a múltbeli jeges árvizek tapasztalataiból kiindulva, az időközben végrehajtott vízépítési és szabályozási munkák hatását figyelembe véve folyónként és vízügyi igazgatóságokként vizsgálja a várható jégrobbantási igényeket... A terv összesen 154 szelvényt sorol fel, ahol beavatkozásra kell számítani.

A felmért jégrobbantási igények alapján a jégrobbantási feladatoknak megfelelően meghatározásra került a jégrobbantó csoportok javasolt száma, készenléti helyük és működési területük. Helyszínrajz tartalmazza ezenkívül a polgári robbanóanyag-raktárakat és a helyszínen tárolt üres robbantó szerkezetek raktárait is.

A jégrobbantási terv használhatóságát a végrehajtott védekezések már igazolták: a jégrobbantó csoportok felvonulási időszükséglete csökkent, a feladat és a környezet ismeretében alkalmazott robbantó töltetek a védendő létesítményben károsodást nem idéztek elő. (...)

Az árvízvédelmi robbantások szerepe és a velük szemben támasztott követelmények a jövőben várhatóan növekedni fognak. A megnövekedett feladatok gondokat is vetnek fel. Egyre nehezebb a szaktudást, nagy gyakorlatot igénylő és komoly felelősséggel járó árvízvédelmi robbantások szakember utánpótlását biztosítani.”

A fent leírtak hatalmas munka eredményeként jöttek létre, melyet az ÁBKSZ Robbantó egység dolgozói végeztek. Eredményességüket igazolják azok a sikeres ár- és jégvédekezési munkák, melyet országos hatáskörű szervezetként hazánkban, valamint a nemzetközi megállapodások révén a határainkon kívül végeztek hosszú éveken keresztül.

A folytatás már nem ilyen szép. Az OVH Árvízvédelmi és Belvízvédelmi Központi Szervezet – a jégrobbantó részleggel együtt – 2008. december 31-én jogutód nélkül megszűnt. Feladatai egy részét az Országos Vízügyi Főigazgatóság Árvízvédelmi és Folyógazdálkodási Főosztálya, valamint a Belvízvédelmi és Öntözési Főosztály vette át.<sup>838</sup> A Rozsnyói Péter által írt cikkben olyan fontosnak tartott, évek hosszú, gondos és tervszerű munkájával „kinevelt”, felkészített, speciális tudású szakembereket elveszítette a szervezet. Mi pedig bízhatunk, hogy a jövőben nem kell félnünk jeges árvízveszélytől...

<sup>837</sup> Rozsnyói Péter: *Az árvízvédelmi robbantások helyzete és jövője*. Előadás az Építőipari Tudományos Egyesület Robbantástechnikai szakbizottsága III. Építőipari robbantástechnikai kollokviumán, Budapest, 1983. Megjelent a konferencia kiadványában, 5 oldalon (a konferenciacikkeket fűzték össze, azokat egy mappában kapták meg a résztvevők).

<sup>838</sup> Daruka Norbert: Jégvédekezés robbantással. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXIV. évfolyam, 2014/4. szám, 55.

#### 6.2.4. Részkövetkeztetések

Bár a robbantástechnikán belül a jégrobbantás csak egy egészen kicsi szeletét jelenti a nagy egésznek, jelentősége és bonyolultsága messze túlmutat ezen.

Jégrobbantás végrehajtására – szerencsére – csak ritkán van szükség. Akkor viszont emberi életek, anyagi értékek megmentése a cél. Bemutattuk, hogy viszonylag közeli történelmünk során hányszor és milyen károkat okoztak a jeges árvizek annak ellenére, hogy megakadályozásukra, elhárításukra, károkozások csökkentésére civil és katonai szervezetek tettek komoly erőfeszítéseket.

Jogosan vetődik fel a kérdés: ilyen összefogás ellenére miért volt olyan csekély mértékű a kárenyhítés? A válasz a robbantott anyagban keresendő: ez pedig a jég!

A robbantástechnika viszonylag egyszerű, jól körülhatárolható feladatok megoldását jelenti, hiszen egyrészt ismerjük a robbantandó/rombolandó anyagot, annak minden jellemző tulajdonságával. Ezek a tulajdonságok, szilárdsági értékek stb. a hosszú évtizedek, mondhatni évszázadok során különböző anyagtáblázatokba rendeződtek, nagyban segítve a tervező munkáját. Másrészt ismerjük a felhasználandó robbanóanyagot, szintén az összes tulajdonságával együtt. A jégrobbantást végző civil szakemberek még abban a tekintetben is könnyebb helyzetben vannak katonai társaikhoz képest, hogy széles palettából válogathatnak a feladathoz éppen legmegfelelőbbnek tűnő robbanóanyagok között.

Jeget robbantani ennek ellenére az egyik legnagyobb kihívás minden szakember számára. Nemcsak azért, mert a külső feltételek extrém kihívások elé állítanak. A kemény fagy, a csúszós, vizes környezet, a mozgás és a szükséges – nem éppen kis súlyú – anyagok bejuttatásának nehézségei a feltorlódott jégtáblák között, sőt egyáltalán a robbantás helyszínének a megközelítése is gondot jelenthet, ha például a parton lévő sűrű növényzet miatt járművel nem juttatható el ember, felszerelés a helyszínre, és kilométereken keresztül kell kézben bevinni mindent oda...

Nem, a gond magában a robbantandó anyagban keresendő. Amíg egy adott acélhoz, betonhoz, kőhöz, de akár talajhoz is tudunk megfelelő anyagtulajdonságokat társítani, addig nincs két egyforma tulajdonságú jég. És ez nem állapítható meg róla sem a színe, sem a látszólagos keménysége alapján. Arra a jégre, melyben a robbantást el kellene végezni, viszonylag hosszú időn keresztül számtalan időjárási körülmény hatott, melyek mindegyike alakított, változtatott rajta. Nem mindegy, mennyi idő alatt, milyen hőmérsékleten, milyen gyorsan fagyott meg. Ezt követően hányszor engedett fel és fagyott vissza újra, és még hosszasan sorolhatnánk azokat a tényezőket, melynek eredménye egy kizárólagos, csak arra az adott jégtakaróra jellemző tulajdonságú anyag lett. Egy anyag, amiről az tudható biztosan, hogy fehér (általában), hideg és kemény. A gond ezzel a legutóbbival van. Mert semmilyen biztos módszer nem ismert arra, hogy ennek a bizonyos keménységnek a paramétereit megállapítsuk. Mert ez mind a fentebb említett környezeti és meteorológiai körülményeknek a függvénye. Ezzel pedig minden számítási képlet egyik legfontosabb elemének ismerete esett ki: az anyagtényező.

Nem véletlen, hogy összesen két képletet találunk a jégrobbantó töltetek tömegének megállapításához. Az egyik 1903-ból származik [93], és egyenesen Franciaországból ered, a másik – nagyon hasonló – pedig 1974-ből [94]. A többi szakkönyv nem is foglal állást ebben a kérdésben, és jobb esetben tapasztalati úton szerzett táblázatokkal próbál segíteni vagy a „legegyszerűbb” módszert, a próbarobbantást ajánlja. Aki már kapott ilyen feladatot  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ban a jégtorlaszon, az tudja, mit jelent ez akkor, amikor viszont a katasztrófa elhárítása érdekében igencsak sietni kellene...

A tapasztalat eredményezte azokat az eljárásokat is, amelyek szerint a robbanóanyag-tölteteket kellett elhelyezni az egyes jégrobbantási feladatokhoz. Ha összevetjük a katonai és a civil, a száz- és a negyvenéves szabályokat, akkor – nem véletlenül – azonosságokat tapasztalunk.

Az összefüggő jégtakaró robbantására ajánlott patkó alakú robbanótöltet elhelyezés civil 1903-as (217. számú ábra) és katonai 1928-as (219. számú ábra) rajzát összevethetjük, az 1981-es polgári szakkönyv ábrájával (238. számú ábra).

A műtárgyak jégzajlástól való megóvása érdekében végzett robbantásnál hasonló a helyzet: lásd a katonai 1950-es (223. számú ábra), az 1965-ös (226. számú ábra) szabályzatokat és az 1981-es polgári szakkönyvet (235. számú ábra).

Az összefüggő jégmezőn középfolysót nyitó robbantásra ajánlott 1928-as katonai (220. számú ábra) és az 1981-es polgári (236. számú ábra) módszer is összehasonlítható.

Végezetül maradt a jégrobbantásra kijelölt, felkészített és a megfelelő eszközökkel felszerelt szervezet helyzete. Az ország a bekövetkezett jeges árvízi katasztrófák tanulságaiból okulva létrehozta az elhárítás szervezeti kereteit, megteremtve hozzá a szükséges dologi feltételeket, ahogy ezt Rozsnyói Péter idézett anyaga bemutatta. 1974 és 1981 között kiadtak több, a témát részletesen feldolgozó civil szakkönyvet, az illetékes vízügyi szervezetek közreműködésével.



A Magyar Néphadsereg, majd a Magyar Honvédség műszaki alakulatai a kezdetek óta segítették, segítik a vízügyi szervezeteket a jégvédekezési robbantások végrehajtásában. Korábban területenként (a helyi műszaki alakulatok állományából) jelöltek ki és készítettek fel minden évben katonai jégrobbantó osztagokat és járőröket.<sup>839</sup> Az elmúlt években már nemzetközi együttműködés keretében állították fel Debrecenben – az ukrán és a román műszaki katonákkal közös Tisza-zászlóalj keretében – a magyar műszaki századot. Feladata árvízveszély esetén a műszaki mentésben való közreműködés, beleértve a jégrobbantási munkákat is.

A jelen helyzet értékelésére maradt a 6.2.3. alfejezet utolsó bekezdése...

### 6.3. Robbantási munkák a mezőgazdaságban

A könyv végére érve a robbantástechnika egy kevésbé ismert területére kalandozzunk el: a mezőgazdasági munkák megkönnyítését szolgáló robbantási feladatokat foglaljuk össze röviden. Ezzel mintegy bizonyítani kívánjuk, hogy e félelmetes hírű anyag, mely rögtön a pusztítás és a vérontás képzetét idézi fel az emberekben, a gyarapodást, a megújulást is képes szolgálni.

#### 6.3.1. Robbantásos talajlazítás

A mezőgazdasági művelés során nemegyszer tapasztalható az a probléma, hogy a telepített szőlő vagy gyümölcsös egy idő után nem fejlődik tovább, a termés csökken, a fák felső ágai elszáradnak. Ennek oka legtöbbször a vízhiány, melyet az egyre terebélyesedő gyökérszövet alatt lévő, nem vízáteresztő réteg okoz.

Már az 1903-ban megjelent *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*<sup>840</sup> is említi ezt a problémát, és javasolja a vízzáró réteg robbantásos szétzúzását, a kemény altalaj robbantásos lazítását. Ugyanakkor a kísérletek eredményeként megállapították azt a ma is hangsúlyozott tényt, hogy a „robbantás a puha talajt megkeményíti s csakis a teljesen száraz, kemény és egyenletes talajt lazítja meg”.<sup>841</sup>

Ugyanebben a műben Hamm Vilmos a „földművelő robbantások” kísérleti tapasztalatait az alábbiakban foglalta össze:

- „A mélyebben fekvő földrétegeket dynamitrobbantásokkal meg lehet lazítani, mert műszaki tekintetben nehézségeket nem okoznak.
- Így robbantásokat csak kemény, száraz és ellenálló alsó talajban lehet sikerrel végezni; nedves, rugalmas föld nem lazul, hanem összenyomódik.
- A dynamitrobbantással való telkesítés csak akkor célszerű, midőn a földben lévő élősködők kiirtásáról, a szántóföldek sziklapadjainak eltávolításáról, át nem bocsátó köves rétegek megnyitására, a kiásandó föld meglazításáról és a földművelést hátráltató akadályok eltávolításáról van szó.
- Dynamitrobbantásokkal ültetés alá lehet készíteni azon talajokat, melyek fekvésüknél fogva ligetek – kertek – gyümölcsösök és szőlőknek valók.
- Földművelő robbantások csak intenzív gazdaságokban célszerűek, ahol a meglazított hatalmas alsó talajréteget elegendőképp meg tudják trágyázni, mire a legtöbb esetben szükség is van, hogy használható legyen.”<sup>842</sup>

Traulz Izidor tartalékos osztrák–magyar műszaki százados már technológiai javaslatokat is megfogalmazott a mezőgazdasági célú, robbantással történő talajlazítás végrehajtására: „A lyukakat általában a tervezett lazítás mélységéig fúrják a talajba, egymástól kétszer annyira, mint amilyen mély a robbantólyuk s kellően megtöltik. A töltés fészkeinek átmérője ne legyen 50 mm-nél kisebb; igen szívós és egyenletes talajban 40 mm is lehet. (...) Töltésnek célszerű a Nobel-féle III. osztályú- vagy hasonló hatású dynamit, sőt valószínű, hogy földet ennél kisebb hatásúval is meg lehet lazítani. 2.0 m mély fúrólyukba 250 g töltés kell, erre 1.0 m-es fojtás földből.”<sup>843</sup>

A munkát megkönnyítendő, a Mahler és Eschenbacher cég egy töltési táblázatot is készített a talajlazító robbantásokhoz (74. táblázat).

<sup>839</sup> A szerző boldogan emlékszik vissza ifjúkori műszaki tisztii pályafutására, amikor az MN Tűzszerész és Hadihajós Ezred Tűzszerész és Aknakutató Zászlóaljának fiatal hadnagyaként készítette fel az őszi kiképzési időszakban szakaszát a jégrobbantó osztagban elvégzendő feladatokra.

<sup>840</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903.

<sup>841</sup> *Uo.*, 178.

<sup>842</sup> *Uo.*, 279.

<sup>843</sup> *Uo.*, 279–280.

74. táblázat  
Mahler és Eschenbacher töltési táblázata talajlazításhoz<sup>844</sup>

A sziklapadok és nagyobb sziklatestek robbantása		Talált kősziklák robbantása			Alsótalaj robbantása			J e g y z e t	
A fűrat		Töltés	Leg-nagyobb méret	A lyuk mélysége	Töltés	A fűrólyuk			Töltés
mélysége	távolsága	II. dinamit			II. dinamit	mélysége	távolsága		II. dinamit
méterekben		g.	méterekben	g.	méterekben		g.		
0·50	0·75	20	0·50	0·30	20	0·60	0·90	20	
0·75	1·15	66	0·75	0·50	20	0·75	1·15	20	
1·00	1·50	159	1·00	0·70	30	0·90	1·35	34	
1·25	1·90	318	1·25	0·90	58	1·05	1·50	56	
1·50	2·25	537	1·50	1·00	100	1·20	1·80	81	
1·75	2·65	867	1·75	1·20	160	1·35	2·00	112	
2·00	3·00	1280	2·00	1·40	240	1·50	2·25	158	
2·25	3·40	1848	2·25	1·50	340	1·65	2·45	206	
2·50	3·75	2500	2·50	1·70	470	1·80	2·70	273	
2·75	4·15	3350	2·75	1·80	620	1·95	2·90	342	
3·00	4·50	4320	3·00	2·00	810	2·10	3·15	500	

A sziklarobbantásoknál Bickford zshórral gyújtunk, talajlazító munkálatoknál azonban sokkal célszerűbb az elektromos gyújtás.

Egy nagyot ugorva az időben, az 1965-ös *Robbantástechnikai kézikönyv*<sup>845</sup> is tárgyalja a robbantás mezőgazdasági alkalmazásának előnyeit, kiemelve, hogy „különösen nagy az előnye olyan területeken, ahol még a gépi munka is nehézségekbe ütközik. Így pl. meredek hegyoldalak kiképzése, fák gödreinek, telepítésének előkészítése, egy-egy kőpadnak vagy vándorkőnek – mint művelési akadálnak – az eltüntetése gépi berendezéssel sok esetben nehezen megoldható feladat.”<sup>846</sup>

A szerzők külön tárgyalják a robbantással történő talajtisztítást, a mélylazításos talaj-előkészítést és a mélylazításos fiatalítást.

Talajtisztítás esetén 2–6 m-es távközökkel készítenek 0,5–1,0 m mély robbantólyukakat, melyekbe 100–200 g robbanóanyagot helyeznek.

Mélylazításos talaj-előkészítésnél négyzethálósan fűrt lyukakba elhelyezett töltetekkel lazítják, illetve a mélyebb rétegekben törik fel azt, elősegítve ezáltal levegőzését, ugyanakkor megbontva a vízzáró rétegeket is. A művelet eredményeként a növények gyökere és a víz nagyobb mélységbe is le tud hatolni. A lyukak egymástól való távolságát és mélységét próbarobbantásokkal pontosítják: az általánosan alkalmazható szabály szerint 3–5 m lyuk-távolságot, 0,5–1,5 m lyukmélységet és fűrólyukanként 0,2–0,4 kg, ammónium-nitrát tartalmú ipari robbanóanyagot (általában PAXIT-ot) alkalmaznak.

A mélylazításos fiatalítást elsősorban öregedő, csökkenő terméshozamú szőlőkben javasolják alkalmazni, ahol a gyökerek nagyobb mélységű lehatolása miatt általában 3 × 3 m-es hálókból telepített, 1,5–2,0 m mély lyukakba 0,2–0,4 kg robbanóanyagot helyeznek. Ezzel a módszerrel például az öregedő, csökkenő terméshozamú szőlők fiatalítása végezhető el oly módon, hogy a robbantás segítségével a hajszálgökerek egy részét levágják, az alsóbb talajrétegeket pedig vízhez és levegőhöz juttatják.<sup>847</sup>

Az 1983-as kiadású *Ipari robbantástechnika*<sup>848</sup> is foglalkozik a robbanóanyagok mezőgazdaságban történő alkalmazhatóságával, részint hasonló szabályokat mutatva be, mint az 1965-ös szakkönyv. Újdonságként fogalmazza meg, hogy nagyobb területek lazításánál „a robbantó lyukakat egy szabályos négyzethálós csomópontjaiban helyezik el. A háló csomópontjainak távolsága a lyukátmérőtől függően változik. Ha a fűráshoz 40 mm-es fűrókoronát használnak, akkor a lyukak távolsága ne haladja meg az 5 métert. A lyuk mélysége általában 0,9–1,2 m.”<sup>849</sup>

<sup>844</sup> *Uo.*, 281.

<sup>845</sup> Bassa R. – Kun L.: *Robbantástechnikai kézikönyv*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.

<sup>846</sup> *Uo.*, 340.

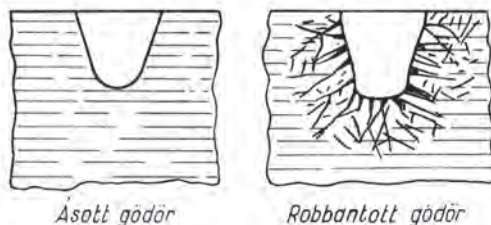
<sup>847</sup> *Uo.*, 341. alapján.

<sup>848</sup> Bohus G. – Horváth Z. – Papp J.: *Ipari robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.

<sup>849</sup> *Uo.*, 293.

### 6.3.2. Faültető gödrök robbantásos kialakítása

Faültető gödrök robbantásos kialakításáról először az 1965-ös kiadású *Robbantástechnikai kézikönyv*<sup>850</sup> olvashatunk. Eszerint „a robbantásos gödör előkészítés nemcsak gyorsabb és olcsóbb, hanem előnyösebb is, mintha azt kézi vagy gépi erővel végeznénk. Robbantással a gödör kiképzésén kívül a környező mellék-közetet lazítják és a gyökér behatolásának lehetőségét is elősegítik. Így a fák gyökeresedése, fejlődése is jobb lesz.”<sup>851</sup>



239. ábra

Talajelrendezés ásott és robbantott gödörnél<sup>852</sup>

Továbbá arról is olvashatunk, hogy a robbantás következtében a talajban kialakuló hajszálrepedések révén a „robbantással előkészített gödrökbe ültetett fa még szárazabb időben is több nedvességhez juthat, mélyebbre és távolabbra ható gyökérzete lévén, mint az ásott gödrökbe ültetett fa. A robbantáskor a robbanóanyag vegyi bomlása következtében nagy mennyiségű nitrogén is kerül a talajba. Ez javítja összetételét, elősegíti a facseteték fejlődését.

A gödört száraz talajban kell előkészíteni, különösen, ha agyagos, vagy agyagréteges talajról van szó. Az agyag ugyanis a robbanás hatására nem lazul fel, hanem tömörre válik. A gödörrobbantás előnyösen alkalmazható márgás, dolomitos, mészköves és agyagpalás kőzetekben, ezekkel rétegzett, vagy a fenti anyagokat tartalmazó talajokban.<sup>853</sup>

Azt, hogy a javasolt alkalmazás nemcsak elméleti síkon létezett, igazolja a szerzők azon megjegyzése, mely szerint „hazánkban a robbantásos gödörkiképzést az őszibarack, mandula, az alma és a sárgabarack facseteték ültetéséhez vezették be”<sup>854</sup>

Maga a javasolt technológia egyszerű volt. A 60–120 cm mély robbantólyukba általában 100–200 g normál Paxit vagy Paxit 3 típusú robbanóanyag került, míg szilárdabb talajtípusoknál Nidin–40 vagy Nidin–60 típusú robbanóanyag alkalmazása hozott jobb eredményeket. Az ideális töltetmennyiséget ebben az esetben is próbarobbantással állapították meg, a telepítésre szánt fafajta gyökérzetének függvényében. A szakkönyv szerint „elégészes a töltet, ha a robbantás legalább 0.1 m<sup>3</sup> földet dobott ki (tehát ennek megfelelő méretű gödör képződött), továbbá 0.5 m<sup>3</sup> földet darabokra tört és kb. 1 m<sup>3</sup> földet lazított meg”<sup>855</sup>

Az 1983-ban megjelent *Ipari robbantástechnika*<sup>856</sup> is szentelt egy alfejezetet a faültető gödrök robbantására. Ebben azt írják, hogy „a facseteték részére általában 80 × 80 × 60 cm-es gödört készítenek elő”<sup>857</sup>

A végrehajtás szabályai némileg eltérnek az 1965-ös szakkönyvben foglaltaktól. Az alábbiakat írja: „A robbantólyuk mélysége az ültetett fától és a talaj minőségétől függ. A robbantást úgy kell tervezni, hogy a megfűrt területen csak lazítás történjen, de kivetés ne. A kisebb méretű gödröket egyetlen fűrólyuk robbantásával készítik. A lyukat általában 0.6–0.8 m mélyre fűrják, és a talaj vagy kőzet minőségétől függően 0.2–0.3 kg Paxittal töltik fel. Ha a fellazított kőzet mennyiségét növelni akarják, akkor több fűrólyukat kell fűrni. (...) A sarokba fűrt lyukat kevésbé meredeken, 1:5 dőléssel fűrják, hogy a lyukak beszorítottságát csökkentsék. 1 m-nél mélyebb robbantólyuk esetén az egyenletesebb roncsolás céljából jobb az osztott töltet. Ha az egyes töltetrészek közé 40 cm vagy ennél hosszabb fojtás kerül, akkor egy lyukon belül más-más időfokozatú gyutacsot helyeznek el. A legrövidebb időfokozattal ilyenkor a felső résztöltetet robbantják. Erre a célra a milliszekundumos (MSG) és a rövid késleltetésű (RKG) gyutacsok használhatók.”<sup>858</sup>

<sup>850</sup> Bassa R. – Kun L.: *Robbantástechnikai kézikönyv*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.

<sup>851</sup> *Uo.*, 341–342.

<sup>852</sup> *Uo.*, 173. sz. ábra, 342.

<sup>853</sup> *Uo.*, 342.

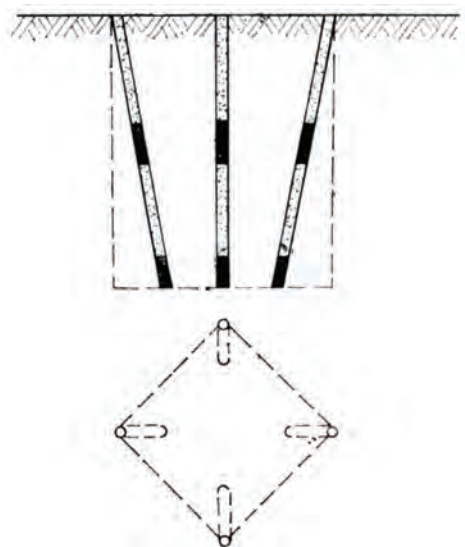
<sup>854</sup> *Uo.*, 343.

<sup>855</sup> *Uo.*, 342.

<sup>856</sup> Bohus G. – Horváth Z. – Papp J.: *Ipari robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.

<sup>857</sup> *Uo.*, 293.

<sup>858</sup> *Uo.*, 293–294.

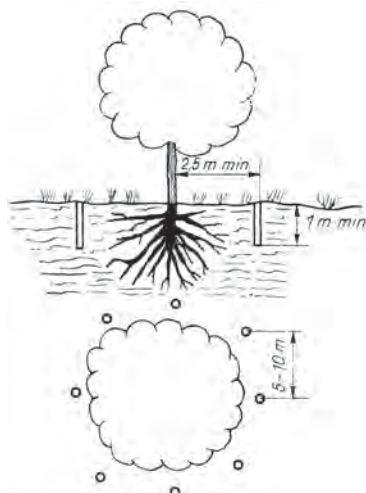


240. ábra

*Az ültetőgödör robbantásának lyuktelepítése*<sup>859</sup>

### 6.3.3. Gyümölcsfák robbantásos fiatalítása

Az idős, nagyméretű gyümölcsfák fiatalításában, termés hozamuk növelésében is segíthet a robbantástechnika alkalmazása. A *Robbantástechnikai kézikönyv*<sup>860</sup> szerint a fák köré elhelyezett töltetek robbantása fellazítja a talajt a hajszálgökök környezetében, javítva annak vízháztartását. A fűrőlyukakat körkörös, a fa lombzatának külső síkjában készítik el úgy, hogy a törzshöz 2,5-3,0 m-nél közelebb semmiképp ne legyenek (241. ábra). Általában 2–4 lyukkal végrehajtható a művelet, de nagyobb fák esetén többre is szükség lehet. Ilyenkor alapelveként fogadható el, hogy a minimum 1 m mélységű lyukak egymástól 5–10 m távolságban legyenek. A töltet fűrőlyukanként 50–200 g normál PAXIT vagy más, ammónium-nitrát alapanyagú, alacsony hatóerejű ipari robbanóanyag.



241. ábra

*Fa megfiatalítása robbantással*<sup>861</sup>

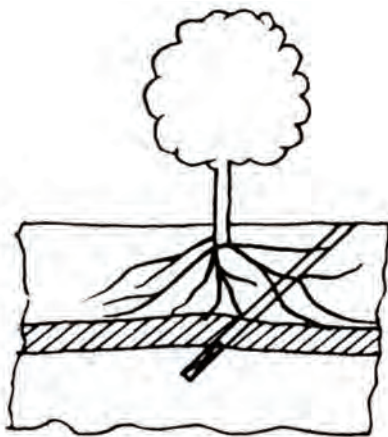
A *Robbantástechnikai kézikönyv* gyümölcsfák átültetése esetén is alkalmazható módszerként említi a gyökérzet körüli robbantásos talajlazítást. Ilyenkor a fatörzstől 1,5 m távolságban fűrt, 1 m mély lyukakba

<sup>859</sup> *Uo.*, 10.35. sz. ábra, 293.

<sup>860</sup> Bassa R. – Kun L.: *Robbantástechnikai kézikönyv*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.

<sup>861</sup> *Uo.*, 174. sz. ábra, 343.

maximum 50 g robbanóanyag-töltet elhelyezését javasolja. Ugyanebben a könyvben történik említés a fa gyökérzete alatt kis mélységben húzódó kőbeágyazás vagy agyagréteg robbantásos megrepesztéséről, mely a fa törzse alá, a roncsolandó rétegen keresztül fűrt lyukba elhelyezett, szintén 50 g robbanóanyaggal hajtható végre (242. ábra). A keletkező réseken a gyökerek már át tudnak hatolni, biztosítva ezáltal a fa további fejlődését.



242. ábra

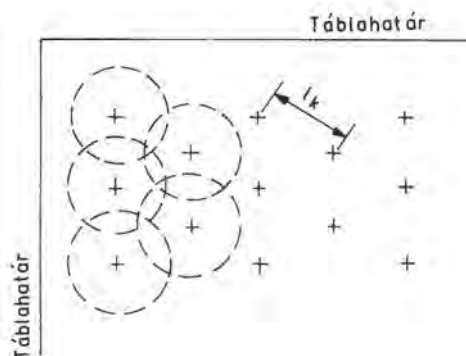
*Kemény réteg robbantása gyümölcsfa alatt*<sup>862</sup>

Az *Ipari robbantástechnika*<sup>863</sup> ennél szűkebben, de ír a gyümölcsfák robbantással történő megfiatalításáról. Az alkalmazandó töltetmennyiségnél az 1965-ös elődjével megegyező adatokat közöl. Újdonságként annyit jegyez meg, hogy „a robbantás hatására meglazult rétegbe egy vascsövet vezetnek be, ezen keresztül megfelelő védőszereket, esetleg különböző műtrágyákat engednek le”.<sup>864</sup>

#### 6.3.4. Szerves trágya robbantásos terítése

Ma már nagyteljesítményű gépi trágyaszórók segítik ezt a nehéz munkát, de nem is olyan régen még számos mezőgazdasági üzem alkalmazott robbantó részlegeket az istállótrágya gyors és hatékony szétterítésére. Az *Ipari robbantástechnikában* (1983)<sup>865</sup> található erre vonatkozó technológiai leírások.

A trágya kihordása előtt a táblán kijelölték a kupacok helyét: az egyenletes szórás érdekében ún. hármas kötésben (243. ábra). A kupacok egymástól mért távolságát ( $l_k$ ) a területegységre számított szétszórandó trágya mennyisége és a kihordást végző járművek raksúlya határozta meg.



243. ábra

*A trágyakupacok elhelyezése hármas kötésben*<sup>866</sup>

Az alábbi technológiával mintegy 100 kupac robbantását volt képes elvégezni egy robbantó részleg óránként:

<sup>862</sup> *Uo.*, 175. sz. ábra, 344.

<sup>863</sup> Bohus G. – Horváth Z. – Papp J.: *Ipari robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.

<sup>864</sup> *Uo.*, 294.

<sup>865</sup> *Uo.*

<sup>866</sup> *Uo.*, 10.30. sz. ábra, 282.

- traktorra szerelt gödörfúróval 60-70 cm mély, 25-30 cm átmérőjű lyukakat fúrtak a lehetőleg szabályos kúp alakúra igazított kupacokba;
- a lyukakba 1-1 db, 1,0 kg-os PAXIT indítótöltetet helyeztek, majd erre 6-7 kg ANDO robbanóanyagot<sup>867</sup> öntöttek;
- végül 40-50 cm fojtás következett.

Egyszerre annyi kupac szerelését végezték el, melyek egy tűzben való robbantását a rendelkezésükre álló elektromos robbantógép biztosította. Például egy 500 ohm terhelhetőségű robbantógéppel 28 kupac egyidejű robbantása volt elvégezhető. A robbanóanyag az egyes kupacok tartalmát mintegy 25–35 m-es sugarú körben terítette szét, viszonylag egyenletesen. Ha a kupac tetejére még zsákba töltött szemcsés műtrágyát is helyeztek, egyidejűleg el lehetett végezni a szerves és a műtrágya kiszórását.<sup>868</sup>

Mint látható, a robbanóanyag hatásos segítséget nyújthat a legbékésebb feladatok, így a mezőgazdasági termelés végzésében is. A könyv zárásaként – bár hiú a remény – jó lenne abban bízni, hogy ezentúl a robbanóanyag csak „bort, búzát, békességet” hoz a jövőben...

<sup>867</sup> ANDO = ammónium-nitrát és dízelolaj keverékéből álló, akár helyszíni keveréssel is előállítható, nagyon olcsó és kezelésbiztos ipari robbanóanyag.

<sup>868</sup> Bohus G. – Horváth Z. – Papp J.: *Ipari robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983, 282–284. alapján.



## Befejezés

A könyv végére érve már csak egy feladata marad az alkotónak: megpróbálni valamiféle összefoglalását adni a leírtaknak, és ennek alapján előremutató javaslatokat fogalmazni meg a szakterület további fejlődéséhez.

A robbanás jelenségét vizsgáló – a kezdetekben még elsősorban katonai – szakemberek már a XIX. században pontosnak mondható ismeretekkel rendelkeztek ennek a nagyon gyors kémiai reakciónak minden fontos jellemzőjéről. A robbanóanyag fogalmának meghatározása is alapvetően hasonló a vizsgált több mint száz év katonai robbantási szabályaiban.

A katonai szervezetek a világon mindenhol nagy robbanóanyag-felhasználók voltak, és azok ma is. Robbanóanyag-szükségletük alapvetően két nagy területre bontható: gyári szerelésű robbanótestek (lőszerrek, bombák, vízi és szárazföldi telepítésű aknák, kézigránátok stb.) töltetként alkalmazandó robbanóanyagok és műszaki támogatási feladatok végrehajtásához szükséges, ún. utász robbanóanyagok.

*Az előre szerelt robbanótestek* esetében mindenhol követelmény:

- a nagy brizancia;
- a megfelelő fizikai és kémiai stabilitás;
- a hosszú idejű (tíz év feletti) tárolhatóság;
- a külső fizikai hatásokkal szembeni érzéketlenség;
- az egyszerű és biztos iniciálhatóság;
- a fémekkel szembeni passzivitás;
- a szélsőséges hőmérsékleti viszonyok közötti alkalmazhatóság;
- a vízállóság.

*Az utász robbanóanyagok* esetén a fenti követelmények még kiegészülnek:

- a könnyű és pontos adagolhatósággal és „szerelhetőséggel”;
- a gyutacsindíthatósággal.

A magyar honvédségnél a vizsgált időszakban sokféle robbanóanyag volt rendszerben, melyek jelentősen eltértek egymástól nemcsak megjelenési formájukban, de brizanciájukban és munkavégző képességükben is. Ezért az egyes robbantási feladatok végrehajtásához szükséges, a különböző korok szabályai szerint meghatározott töltetmennyiségek összehasonlítását célzó számítások nem végezhetők el egzakt módon, mert végeredményként csak a robbanóanyagok egymáshoz viszonyított hatóerejének szorzószámait lehetne megállapítani.

Az alkalmazott robbantószerkezetekben a katonai gyakorlatban kevésbé figyelhető meg éles változás. A kezdeti durranóhiganyos robbantógyutacsot azóta ugyan felváltották egyéb töltetűek, de ezek ugyanúgy 8-as erősségűek, és a biztonság szempontjából továbbra is a legérzékenyebb elemét jelentik a robbantási feladat végrehajtásának. A szinte teljesen kezelésbiztosnak tekinthető, primer (iniciáló) robbanóanyagot nem tartalmazó NPED-gyutacs viszont – bár egyre inkább elterjedt az ipari robbantásoknál – pont a leginkább érintettnek tekinthető katonai robbantástechnikában nem jelent meg, legalábbis hazánkban.

A villamos gyújtás elvében sincs radikális változás, mindössze a technikai fejlődés figyelhető meg úgy a gyutacsok, mint a robbantógépek tekintetében. Viszont talán itt a legnagyobb lemaradása a hazai katonai robbantástechnikának az iparihoz képest. A jelenleg is rendszerben lévő, pillanat hatású villamos gyutacsok kizárólagos alkalmazása lehetetlenné teszi egyes robbantási feladatok környezetkímélő végrehajtását. Megoldást jelenthetne külső késleltetésű robbantógépek alkalmazása, de a TER-6-os többcsatornás robbantógép fejlesztésekor és rendszerbe állításakor az ilyen irányú igények különböző fórumokon, például általam is történt hangoztatása ellenére ezt a lehetőséget elszalasztotta a Magyar Honvédség.

Az ipari robbantástechnika viszont hatalmas eredményeket ért el ezen a téren az elmúlt évtizedekben. Az időzített villamos gyutacsok esetenkénti pontatlansága, a belőlük készíthető robbantóhálózatok korlátozott mérete, valamint annak a felismerése, hogy a robbantandó anyag és közeg függvényében – többek között a környezetkímélőbb robbantások igénye miatt is – sokkal precízebb és változatosabb késleltetést biztosító töltetindításokra van szükség, mintegy kikényszerítették a gyártók újabb és újabb fejlesztéseit.



Erre a kihívásra volt az első válasz a külső késleltetésű robbantógép, mely pillanat hatású villamos gyutacsok alkalmazásával lehetővé tette, hogy azokat a robbantógép akár 1 ms pontossággal beállított késleltetési idővel robbantsa fel. Ezzel egyrészt gazdaságosabbá vált a munkavégzés, hiszen a legegyszerűbb és legolcsóbb gyutacsokat használták fel, de ami még ennél is fontosabb: kiküszöbölhetőek voltak az időzített gyutacsok késleltető pirotechnikai elegyeinek hibájából előforduló robbantóhálózati hibák, ezek összes káros hatásaival (pl. megnövekedett szeizmikus hatás, nem megfelelő közetaprítás, nagy repeszhatás, sőt – épületrobbantás esetén – az elvárt dőlési irány megváltozása, annak környezeti következményével).

A robbantás pontosságának növelését szolgálták az elektronikus gyutacsok, melyeknek legfejlettebb, a könyvben is bemutatott változatánál már maga a gyutacs is programozható. A robbantást tervező szakember gyutacsonként meg tudja határozni azok késleltetési idejét, melyet aztán az erre kifejlesztett műszer memóriájában rögzítve a gyutacsokat egyenként, a robbantóluk mellett tudja a kívánt értékre beállítani.

Az időzített gyújtózsínór és a robbanózsínór kezelésének, alkalmazásának előírásai szinte semmit nem változtak az elmúlt mintegy száz évben.

A katonai robbantástechnikában a töltetek iniciálása terén az egyedüli forradalmi változást a NONEL gyújtási rendszer honi bevezetése jelentette. Tekintve, hogy ezzel együtt egy-egy késleltetési fokozatot is beszereztek úgy a kapcsolóknál, mint a gyutacsoknál, a fent jelzett hiány – részben – megoldódott. Gondot jelent azonban a rendszer magas ára (mely a tömeges felhasználás gátja lehet), továbbá hiányzik az a szakmai útmutató (segédlet), mely a műszaki parancsnok munkáját megkönnyítené a robbantási szakfeladat tervezése során: hol, hogyan, milyen késleltetési fokozatokkal készítse el a NONEL-hálózatot? Enélkül sajnos pont a lényeg vész el: a pontosabb, környezetkímélőbb és robbanóanyag-takarékos robbantás végrehajtása, mely például egy békemisszióban, de akár egy rendkívüli (katasztrófa) helyzetben végrehajtandó feladatnál is már fontos szempont.

A rendszerváltozást követően több helyről hangzott el magas beosztású katonai vezetők szájából az a vélemény, hogy az összes érvényben lévő szabályzatot, utasítást (így a *Mű/213. Robbantási utasítást* is) újra kell írni, az „orosz elveket” el kell felejteni. A szakmai kérdéseknek többek között a jelen dolgozatban elvégzett fejlődéstörténeti vizsgálata alapján – úgy érzem – kimondható, hogy ezeket az elveket nem kell „elfelejteni”, mert szervesen illeszkednek a robbantástechnika általános vonulatába, mely az idők során, empirikus úton szerzett ismeretekből kiindulva a tudományos vizsgálatok eredményein nyugvó eljárásokká fejlődtek.

Akár a szerkezeti elemek, akár a földrobbantás, de a hidak rombolási szabályainak vizsgálata úgy az 1945 előtti (elsősorban német alapokon nyugvó), mint az ez utáni (orosz eredetiből fordított) utasításokban azt bizonyítja, hogy a fő elvekben visszaköszönnek a hasonlóságok, sőt helyenként az azonosságok a számítási alapelvekben és az alkalmazott módszerekben egyaránt. Ez egyben megerősítheti a tanult elméleti és gyakorlati ismereteinkbe vetett bizalmat is, nem zárva ki természetesen a ma már nem kellően időtálló részek továbbfejlesztésének, de akár az indokolatlanul elfelejtett módszereknek a kor követelményeikkel igazított újbóli bevezetésének szükségességét sem.

A jelenlegi *Robbantási utasítás* hiányosságának tekinthető, hogy bár megfelelő elméleti alapokat nyújt a katonai-műszaki szakemberek számára, ugyanakkor (néhány korábbi szabályzattól eltérően, melyekből példákat is bemutatunk a mellékletek között) nem fordít kellő figyelmet olyan – néha talán apróságnak tűnő, de a katonai robbantástechnikát alapjaiban szabályozó műtől joggal elvárható – módszertani kérdésekre, mint például:

- a töltetek felerősítése, elhelyezése a céltárgyra;
- a próbarobbantások elvégzésének technológiája vagy
- a hídpillérek ferde robbantásának megtervezése.

Ugyanígy hiányoznak egyes helyeken azok a – korábbi művekben, de akár több, jelenlegi külföldi katonai robbantási szabályzatban is alkalmazott – táblázatok, nomogrammok, folyamatábrák, melyek elsősorban harchelyzetben lennének eredményesen felhasználhatók, meggyorsítva az elhatározás meghozatalát, a töltetek tömegének meghatározását.

A rendszerváltozást követően elkezdődött privatizáció, gazdasági átrendeződés következtében az 1990-es évek közepére szembesültünk azzal a ténnyel, hogy a fent említett tulajdonságokkal rendelkező katonai robbanóanyagok gyártásához nem rendelkezünk sem megfelelő hazai nyersanyagforrással, sem pedig gyártóbázissal. A katonai robbanóanyagok csak külföldi beszerzésre alapozott biztosítása viszont – egy konfliktushelyzet esetén – akár a honvédség működésképtelenségét is maga után vonhatta volna. 1999. április 4-ét, hazánk NATO-csatlakozását követően ez a fenyegetettség csökkent, ugyanakkor a kimondottan drágán megvásárolható és tárolható katonai robbanóanyag-készletek fenntartása a Magyar Honvédség szűkös költségvetését nem kis mértékben terhelte és terheli ma is.

Jelen helyzetben biztató eredménnyel kecsegtethet annak felismerése, hogy a műszaki támogatási feladatok robbantással megoldandó részei két, egymástól élesen elhatárolható területre bonthatók, melyek jellegüket tekintve más-más robbanóanyagot igényelnek:

- A szerkezeti elemek robbantásához és az építményrombolások végrehajtásához szükséges, legalább közepes hatóerejű, nagy brizanciájú robbanóanyagok.
- A föld- és kőzetrobbantási feladatoknál alkalmazott robbanóanyagok (melyek az utász robbanóanyagok mennyiségének nagyobb részét jelentik), melyek célszerű, ha nagyobb munkavégző képességgel (toló hatással), ugyanakkor elégséges, ha alacsonyabb brizanciával rendelkeznek.

A Magyar Honvédség deklarálta, hogy a nemzetközi egyezmények és a hazai törvényi előírások szellemében – amíg országvédelmi képességének fenntartása ezt megengedi – betartja a társadalom egésze által megszabott környezetvédelmi előírásokat és törvényeket. A szándék azonban kevés, ehhez szükség van a megfelelő szakmai megoldások, módszerek kimunkálására, az ezt biztosító anyagok és eszközök rendszerbe állítására is.

Ez a jelenleg érvényben lévő *Robbantási utasítás* leggyengébb pontja, hiszen egy korábbi, támadó doktrínával rendelkező fegyveres szervezet számára készült, ahol a kizárólagos szempont (a biztonság mellett) a gyors és feltétlenül sikeres feladat-végrehajtás volt. Az új helyzetben viszont, mikor az órák helyett napok, sőt hetek állnak rendelkezésre egy-egy feladat előkészítésére, legalább ilyen fontos a környezet kímélése, védelme is. A legkézenfekvőbb megoldásnak az ipari robbantástechnikában már régóta alkalmazott anyagok, technikák és technológiák adaptációs lehetőségeinek vizsgálata kínálkozik.

A fent jelzett robbanóanyag-ellátási problémára és a környezetkímélő földrobbantások végrehajtására egyaránt megoldást jelenthet egy hazai gyártóbázison, döntően hazai nyersanyagból előállított, a külső időjárási körülményektől függetlenül alkalmazható, olcsó, ammónium-nitrát bázisú robbanóanyag honvédségi bevezetése. Kísérletekkel bizonyítottam, hogy a feladat-végrehajtás helyszínén bekeverhető, addig csak tűzveszélyes anyagként tárolandó és szállítandó, üveggyöngy érzékenyítésű emulziós robbanóanyag tökéletesen képes kiváltani az eddig alkalmazott trotilt. A trotillal szemben nullához közeli oxigénegyenlege következtében a robbanása során nem keletkeznek mérgező gázok. A lejárt szavatosságú robbanóanyag megsemmisítése is környezetbarát módon hajtható végre.

A Magyarországon gyártott, továbbá forgalmazott ipari robbanóanyagok katonai alkalmazhatósági vizsgálata eredményeként javaslatot tettem a szabványos-, pót- és szükség-robbanóanyag fogalmának honi bevezetésére, meghatározva azok jellemzőit, fajtáit és a kezelésükre kiképzendő állományt.

A hazai gyártású ipari robbanóanyagoknál szomorú tény, hogy a könyvben található, korábban Magyarországon készült robbanóanyagok és gyutacsok bemutatása – a tárgyalt kétféle emulziós robbanóanyagot és az ANDO-t kivéve – ma már csak történelmi visszaemlékezés. Nem feladata e műnek az, hogy elemezze azokat az okokat, gazdasági körülményeket, melyek következtében elsorvad ez a nagy múltú, korában nagy szakmai elismertségnek örvendő iparág...

Ugyancsak a katonai földrobbantási feladatok környezetkímélő végrehajtási lehetőségeinek vizsgálata során számításokkal alátámasztott javaslatokat tettem a káros szeizmikus hatások mérséklését, továbbá a jelentős robbanóanyag-megtakarítást is eredményező késleltetett, egymáshoz képest időben eltoltt töltet-tindítás alkalmazásával végrehajtható munkákra. Ehhez jelenleg egyedül a rendszeresített, viszont drága NONEL-rendszer késleltetett gyutacsait tudjuk igénybe venni, de külső késleltetésű robbantógép beszerzése esetén minden alegység képes lenne a rendszeresített pillanat hatású villamos gyutacsáival is ezeket a robbantásokat a jelzett (*Robbantási utasításunkban* egyébként megtalálható) módon, gazdaságosan elvégezni.

A szerkezeti elemek robbantásánál bizonyítottam, hogy megfelelő teljesítményű fűró/véső eszközök beszerzése esetén robbanóanyag-takarékos és környezetkímélő robbantásokat tudnánk végrehajtani belső töltetek alkalmazásával, az eddig szinte kizárólagosan alkalmazott külső, szabadon felfektetett töltetek helyett.

Végezetül a kumulatív töltetek fejlődését végigtekintve bizonyítottam, hogy egy flexibilis lineáris vágótöltetcsalád (de legalábbis annak néhány tagja) rendszerbe állításával a Magyar Honvédségnél az acélszerkezeti elemek robbantáshoz való előkészítésének ideje jelentősen csökkenne, továbbá (a lényegesen kevesebb robbanóanyag-szükséglet miatt) a káros környezeti hatások is sokkal kisebbek lennének.

A könyv utolsó fejezetében az ipari robbantástechnika egy speciális területét, a fémalakító robbantás katonai alkalmazhatóságának egy lehetőségét mutattam be. Kísérleti robbantásokkal bizonyítottam, hogy külső munkahelyeken, a rendelkezésre álló robbanóanyagot (robbanózsínórt) és robbantási segéd-eszközöket alkalmazva gyorsan elvégezhető a kis- és közepes átmérőjű szakadt drótkötelek javítása, a sérült részekre hurok robbantásával. A javasolt módszer semmilyen külön felkészültséget nem igényel az állománytól.

Ugyanebben a fejezetben foglalkoztunk a jégvédekezési robbantással, ahol újólág azt láthattuk, hogy a több mint száz éve kifejlesztett módszerek ma is alkalmazhatók. A fejlődést elsősorban az új körülményekhez alkalmazkodva kifejlesztett, újabb típusú jéglyukasztó és jégrobbantó töltetek jelentették. Kevesebb bizakodásra ad viszont okot annak a korábban jól felépített szervezetnek a megszűnése, melynek szakemberei számtalan vészhelyzetben igazolták felkészültségüket egy nagyon speciális robbantási területen.

Az utolsó vizsgált terület, a robbanóanyag békés felhasználását jelentő mezőgazdasági célú robbantások bemutatása az elmúlt időszak terrorcselekményeinek borzalmait ellensúlyozandó került az anyagba. Bizonyítani akartam, hogy a robbanóanyag nem a féktelen pusztítás eszköze kell legyen. A robbantás következtében megfiatalított virágzó gyümölcsfák képe adhat reményt: egyszer talán visszazárható lesz az elszabadult dzsinn a palackba...

Minden tudományos mű befejezése egyben egy újabb kutatás kezdetét is jelenti. Az eredmények azonnal további kérdéseket vetnek fel, melyek munkára ösztönöznek. Ehhez szeretnék ötleteket adni az alábbi, általam érdekesnek, fontosnak tartott kérdésekkel:

1. Érdemes lenne tovább folytatni a magyar honvédségen belül alkalmazott robbantástechnikai elvek és módszerek fejlődéstörténetének feldolgozását, a könyvben be nem mutatott részekre is kiterjesztve a kutatást.
2. Hasznos lenne feldolgozni a robbanóanyagok tárolásának és szállításának, valamint a robbantási ismeretek oktatási rendszerének és módszereinek történetét.
3. A napi élet szempontjából lenne fontos konkrét technológiai utasítások kidolgozása az egyes környezetkímélő katonai robbantások végrehajtására.
4. Ugyancsak további kutatást igényelnének az ipari robbantástechnikában alkalmazott robbanóanyagok, robbantási technikák és technológiák honvédségi feladatok végzésére történő adaptációjának lehetőségei, különös tekintettel a békefenntartó műveletek során végzett robbantásokra.
5. Aktuális kérdés vet fel a sérült, részben rombolt építmények katonai/békefenntartó feladatok során történő bontási szabályainak, módszereinek kidolgozása.<sup>869</sup>
6. A terület szakembereinek együttes munkájával érdemes lenne vizsgálni a katonai robbanóanyagok és robbantási technológiák alkalmazási lehetőségeit egyes katasztrófavédelmi feladatok végzése során.<sup>870</sup>

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

A könyvet felejthetetlen főiskolai robbantás tanárom, az 1994 nyarán elhunyt Hegyi Ferenc honvéd őrnagy és több mint két évtizeden keresztül mentorom, barátom, a 2002 decemberében elhunyt dr. Mueller Othmár emlékének ajánlom.

A művel egyben emléket kívánok állítani a magyar honvédségnél a robbantástechnika kutatásával, fejlesztésével, a robbantás oktatásával, a kiképzéssel és a gyakorlati munkák kivitelezésével foglalkozó katonáknak, szakembereknek.

<sup>869</sup> Az IFOR/SFOR Magyar Műszaki Kontingens például kapott ilyen CIMIC-feladatot a délszláv térségben, a lakosság-visszatelepítési program keretében (1998). Ugyanakkor jelenleg semmilyen képzési tematikában nem szerepel ez a téma. A kotrót kivéve igazán technikai eszköz sem áll ehhez rendelkezésre a Magyar Honvédségen belül.

<sup>870</sup> A témával kapcsolatban Szabó Sándor *Speciális műszaki technikai eszközök és felszerelések alkalmazási lehetőségei a katasztrófavédelemben* című, a Magyar Hadtudományi Társaság 2008. évi pályázatán I. díjat nyert tanulmányában foglalkozott többek között ezzel a kérdéskörrel is. Ez rövidített formában megjelent a *Hadtudomány* 2009. évi elektronikus számában: [http://mht.eu/hadtudomany/2009/2009\\_elektronikus/2009\\_e\\_5.pdf](http://mht.eu/hadtudomany/2009/2009_elektronikus/2009_e_5.pdf) (a letöltés ideje: 2010. 09. 06.)

## Irodalomjegyzék

### Törvények, határozatok, intézkedések

1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól.
1984. évi 2. számú törvényerejű rendelet a Mértéktelen sérülést okozó vagy megkülönböztetés nélkül hatónak tekinthető egyes hagyományos fegyverek alkalmazásának betiltásáról, illetőleg korlátozásáról.
1997. évi CXXXIII. törvény a Mértéktelen sérülést okozó vagy megkülönböztetés nélkül hatónak tekinthető egyes hagyományos fegyverek alkalmazásának betiltásáról, illetőleg korlátozásáról.
- 13/2010. (III. 4.) KHEM rendelet az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatról. *Magyar Közlöny*, 31. szám, 9762–9829.
- 4334/eln. rendelet a Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához című tankönyv megjelentetésére. 1899. VI. 18., *Rendeleti Közlöny*, 17.
- 2388/eln. rendelet az E–23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utásai számára című szolgálati könyv kiadásáról. 1902. IV. 7., *Rendeleti Közlöny*, 95.
- 9169/eln. körrendelet (1906. X. 15.) Durranó gyújtózsineg 03 mintájú rendszeresítése. *Rendeleti Közlöny*, 1906, 404.
- 17530/eln. rendelet az E.–32 (Műsz. okt.) Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára + Ábrafüzet című szolgálati könyv kiadására. 1926. XII. 1., *Honvédségi Közlöny*, 29. szám, 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. 1928. IV. 30., *Honvédségi Közlöny*, 10. szám, 73.
- 9586/eln. körrendelet (1934. XII. 21.) a 34. M. utász-robbantóanyag rendszeresítésére. *Honvédségi Közlöny*, 1. szám, 2.
- 89.876/eln. 7/m.-1941 körrendelet (1941. VII. 3.) az 1 kg. Robb. szelence törléséről a honvédség felszereléséből. *Honvédségi Közlöny*, 33. szám, 404.
- 87.588/eln. 7/m.-1942 körrendelet (1942. III. 17.) 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*, 17. szám, 181.
- 88.533/eln. 7/m.-1942 körrendelet (1942. VI. 27.) a 42. M. utász gyutacs rendszeresítésére. *Honvédségi Közlöny*, 29. szám, 323.
- 89.082/eln. 7/m.-1942 körrendelet (1942. VIII. 29.) 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*, 39. szám, 412.
- M. kir. Honvédelmi Miniszter 77.972/eln. 7. m. 1944. – 1 és 3 kg-os robb. töltet kezelési utasítása. Attila nyomda részvénytársaság, Budapest, 1944.
- 577/Elnökség–1950. rendelet a Robbantási segédlet című szolgálati könyv kiadására. 1950. 05. 19., *Honvédségi Közlöny*, 14. szám, 289.
- 2.278/Elnökség–1950. rendelet az E.–mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás című szolgálati könyv kiadására. 1950. XII. 13., *Honvédségi Közlöny*, 1. szám, 1.
- MNVK 7. Önálló Osztály közleménye a Mű/2. Robbantási utasítás című szolgálati könyv kiadására. 1965. X. 30., *Honvédségi Közlöny*, 5. szám, 48–49.
- MNVK 7. Önálló Osztály közleménye (HK 2.), a Mű/213. Robbantási utasítás című szolgálati könyv kiadására. 1972. III. 20., *Honvédségi Közlöny*, 21–22.
- 37/2000. (HK 8.) SZVK MŰV rendelkezés: az RG utászgyutacs felhasználásának, alkalmazásának, tárolásának szabályozása.
- 210/2000. (HK 15.) SZVK MŰF rendelkezés: A KKT–A és KKT–T (Kisméretű Kumulatív Töltetek) alkalmazásba vétele, 973.
- 210/2000. (HK 15.) SZVK MŰF rendelkezés: Az RG utászgyutacs 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.
- 619/1992. (Bh.É.2.) OBF: ANDO–V robbanóanyag műszaki követelményei.
- 1539/1993. (Bá.K.1994/1.) MBH: ANDO–Ex robbanóanyag műszaki követelményei.
- 365/1997/1. (Bá. K. 3.) MBH: ANDO–ÉV robbanóanyag műszaki követelményei.

## Könyvek

- Andrejev, K. K. – Beljajev, A. F.: *A robbanó anyagok elmélete*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.
- Arday Géza m. kir. honvédszázados: *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése*. Szent Erzsébet Nyomda Részvénytársaság, Kassa, 1910.
- Babul, W.: *Odksztalcanie metalu wybuchem (Robbantásos fémalakítás)*. WNT, Varsó, 1980.
- Beranek, J.: *Tváreni vybuchem (Robbantásos alakítás)*. Práce, Prága, 1964.
- Baron, V. L. – Kantor, B. H.: *Tyehnyika i tyehnologija vzrivnih rabot v SzSA (A robbantási munkák technikája és technológiája az USA-ban)*. Nyedra, Moszkva, 1989.
- Bassa R. – Kun L.: *Robbantástechnikai kézikönyv*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.
- Bohus G. – Horváth Z. – Papp J.: *Ipari robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
- Egly, N. S.: *Eksplionsformgiving*. Lingby, Danmarks Tekniske Hojskole, Afdelingen for Mekaniks Teknologi, 1970.
- Enhamre, E.: *Effects of underwater explosions on elastic structures in water*. S., AB. H. Lindstahls, 1954. (Kungl. Tekniska Högskolans Handlingar serie No. 82.)
- Földesi János: *Bányászati robbantástechnika I.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.
- Granström, S. A.: *Loading characteristics of air blasts from detonating charges*. S. AB. H. Lindstahls, 1956. (Kungl. Tekniska Högskolans Handlingar serie No. 100.)
- Haraszi J. – Juhász Nagy B. – Kompolthy T. – Maróthy G. – Sipos Z. – Szücs T.: *Robbantóanyagok és robbantástechnika*. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1966.
- Hunyadi F. – Lukács L. – Mueller O.: *A robbantások elleni védekezés feladatai*. BME Mérnöktoábbképző Intézet, Budapest, 1993.
- Hütte. *A mérnöki tudományok kézikönyve*. Springer Hungarica Kiadó Kft., Budapest, 1993.
- Jacobi Ágost: *A Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban 1914–1918*. Közlekedési Nyomda K.F.T., Budapest, 1938.
- Kompolthy T. – Szalay L.: *Tűz- és robbanásvédelem*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1990.
- Konon, J. A. – Pervuhin, L. B. – Csudnovszkij, A. D.: *Szvaruka vzrivom (Robbantásos hegesztés)*. Masinosztrojenyje, Moszkva, 1987.
- Konya, C. J. – Walter, E. J.: *Surface Blast Design (Külszíni robbantások tervezése)*. Prentice Hall, Englewood Liffs, New Jersey, USA, 1990.
- Köhler, J. – Meyer, R.: *Explosives*. Fourth, revised and extended edition. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Federal Republic of Germany, 1993.
- Krupin, A. V. – Szolovjov, V. J. – Seftel, N. I. – Kobeljov, A. G.: *Deformácija metalov vzrivom*. Metallurgia, Moszkva, 1975.
- Lehrbuch der militärischen Sprengtechnik*. Deutscher Militärverlag, Berlin, 1964.
- Lukács L. – Mueller O.: *Házilagós készítésű robbantó-szerkezetek*. ORFK. Országos Oktatási Központ, Budapest, 1994.
- Magyar Nagylexikon, 11. kötet (Kir–Lem)*. Magyar Nagylexikon Kiadó, Budapest, 2000.

- Nagyenergiájú fémmegmunkálás.* Jegyzet. Szerk. prof. dr. Lukács László – dr. Rácz Pál. Nemzeti Közsolgálat Egyetem, Budapest, 2013.
- Nagy Tibor (szerk.): *Árvízvédekezési anyagok, felszerelések és gépek kézikönyve.* Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, 1975.
- Pallas Nagy Lexikona.* Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1893–1897.
- Pihtovnyikov, R. V. – Zavjalova, V. I.: *Stampovka lictovova Metala vzrivom.* Masinoszroenyie, Moszkva, 1964.
- Polgár L. – Sipos B. – Szappanos Z.: *Árvízvédekezési kézikönyv.* Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, 1974.
- Prümmer, Rolf: *Explosivverdichtung pulvriger Substanzen.* Springer-Verlag, Berlin, 1987. Orosz nyelvű fordítása: *Obrabotka poroskoobraznuh materialov vzrivom (Poralakú anyagok megmunkálása robbantással).* Mir, Moszkva, 1990.
- Robbantómesterek kézikönyve II.* Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE), Budapest, 1989.
- Rock Blasting and Overbreak Control (Kőzetrobbantás és a zúzási ellenőrzés).* National Highway Institute, USA, 1991.
- Rozsnyói Péter (szerk.): *Irányelvek a jégrobbantási feladatok végrehajtásához.* VÍZDOK, Budapest, 1981.
- Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve.* Pallas Rt., Budapest, 1903.
- Schmoll Endre: *Haditechnikai ismeretek I. kötet.* A szerző kiadása, Budapest, 1929.
- Schmoll Endre: *Haditechnikai ismeretek III. kötet.* M. kir. bpesti honv. tisztii szabályzatismertető tanf., Budapest, 1933.
- Sipos Béla (szerk.): *A jégvédelem kézikönyve.* VÍZDOK, Budapest, 1973.
- Smrcka, J. – Vaclavek, M.: *Explozivni tváreni plechi a trub (Fémlemezek és csövek robbantásos alakítása).* SNTL, Prága, 1964. (Kinznice stroy. vyroby 100. k.)
- Szakurai, T.: *Baku-hacu kako (Robbantásos fémalakítás).* Nikkan Kogio Sinbunza, Tokió, 1969.
- Szalamahin, T. M.: *Fizicseszkiye osznóvi mehanyicseszjava gyejsztvija vzriva i metodi opregyelenyija vzrivnih nagrú-zok (A robbanás mechanikus hatásának fizikai alapjai és a robbanási erőhatások meghatározásának módjai).* Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1974.
- Szalamahin, T. M.: *Osznóvi modelirovanijija i bojevaja efektyivnoszty zarjádov razrusenyija (A romboló töltetek harci hatékonysága és modellezésük módszerei).* Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1984.
- Szalamahin, T. M.: *Razrusenyije vzrivom elementov konsztrukcij (Szerkezeti elemek robbantása).* Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1961.
- Szalamahin, T. M.: *Poszóbije dlja resenyija zadacs po teoriji mehanyicseszjava gyejsztvija vzriva (Segédlet a robbanás mechanikus hatásának elmélete alapján megoldandó feladatokhoz).* Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1967.
- Szpravocsnyik oficéra inzsenyernih vojszk (A műszaki csapatok tisztjének kézikönyve).* Vojennoje Izdatyelsztvo, Moszkva, 1989.
- Szpravocsnyik po vojenno-inzsenyernomu gyelu armji SzSA (Az USA katonai-műszaki segédlete FM 5–34).* Vojennoje Izdatyelsztvo Minyisztyersztva Oboroni Szozjuza SzSzR, Moszkva, 1960.
- Sztepanov, V. G. – Szipilin, P. M. dr.: *Gidrovzrivnaja stampirovka elementov szudovih konsztrukcij (Hajószerkezetek robbantásos alakítása).* Szudosztrójenie, Leningrád, 1960.

## Szabályzatok, jegyzetek és egyéb dokumentumok

- Vezérfonal az utászolgálat oktatásához – fordítás.* Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899.
- E.–23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utászai számára.* Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest, 1902.
- H.–26. Technischer Unnterricht für die k.u.k. Sappeur-Pionier truppe.* Teil. Sprengvorschrift, Aus der Druckerei des k.u.k. Kriegsministeriums, Wien, 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.* Pallas Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest, 1915.
- F–103. Utasítás a lövészer, robbanóanyagok, lőporok és gyújtószerkezetek kezelésére, raktárolására és megvizsgálására.* Pallas nyomda, Budapest, 1924. évi utánnyomás.
- E.–32 (Műsz. okt.) Műszaki oktatás a nem műszaki csapatok számára + Ábrafüzet.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1926.
- E.–34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások I. rész.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928.
- E.–34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások II. rész + Mellékletek.* M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928–1929.
- Robbantási segédlet.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950.

- E.–mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950.
- Robbantások.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1953.
- Mű/2. Robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1965.
- Mű/213. Robbantási utasítás.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1971.
- Mű/243. Műszaki szakutasítás a nem műszaki alegységek számára.* Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1978.
- Kézikönyv a műszaki alegységek szakkiképzéséhez.* MN Műszaki Főnökség, Budapest, 1984.
- FM 5–250 Explosives and Demolitions.* Headquarters, Department of the Army, Washington DC, 15 June 1992.
- TM 9-1300-214 Military explosives technical Manual.* Headquarters, Department of the Army, Washington DC, USA, 1984.
- Military explosives and propellants study guide (Katonai robbanóanyagok és hajtóanyagok jegyzéke).* Dover Picatinny Arsenal, AMCAS, 1966.
- Military Engineering, Volume II, Field Engineering, Pamphlet No. 6. – Detection and Clearance of Mines and Explosive Devices.* Ministry of Defence, GB, 1981.
- Military Engineering, Volume II, Field Engineering, Pamphlet No. 4, Demolitions.* Ministry of Defence, UK, 1988.
- Textbook of Military Medicine, Part I. – Warfare, Weaponry and the Casualty, Volume 5. (Katonai gyógyászati kézikönyv, I. rész – Hadviselés, fegyverzet és a sérülések). Conventional Warfare – Ballistic, blast, and burn injuries.* United States Army Institute for Surgical Research, San Antonio, Texas, 1991.
- Tankönyv a műszaki hallgatók harcbiztosítói felkészítéséhez. 2. könyv I. rész, I. fejezet.* Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1985.
- Hubina I. – Lukács L.: *Kőbányászat robbantással.* Főiskolai tansegédlet. Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1980.
- Lukács László: *Hidak robbantásának tervezése, szervezése, a parancsnoki munka rendje.* Tansegédlet. Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1986.
- Lukács László: *A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése.* Jegyzet. ZMKA Műszaki tanszék, Budapest, 1992.
- Lukács László: *Harcászati műszakizár-csomópontok létesítése, fenntartása, aktivizálása. A zászlóalj védőkörlet műszakizár-rendszere.* Akadémiai jegyzet. ZMKA Műszaki tanszék, Budapest, 1994.
- Lukács László: *A magyar honvédségnél alkalmazott robbantási eljárások és robbanóanyagok legfontosabb részterületei fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai.* Kandidátusi disszertáció. ZMKA, Budapest, 1995.
- Lukács László: *A katonai robbantástechnika és a környezetvédelem.* Egyetemi jegyzet. ZMNE Hadtudományi kar, Műszaki harcászati-hadművelési tanszék, Budapest, 1997.
- Maróthy G. – Bárány I. – Falkai B.: *Robbanóanyagok I. Általános és katonai robbanóanyagok.* Haditechnikai Intézet, Műszaki Egyetemek és Főiskolák Hadmérnöki Tagozatának Parancsnoksága, Budapest, 1950.
- Dr. Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbanóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1982.* I. kötet. 5. teljesen átdolgozott kiadás. Építőipari Tudományos Egyesület Robbantástechnikai szakbizottsága és az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet közös kiadványa, Budapest, 1982.
- Robbantástechnikai terminológia – A robbantástechnika időszerű kérdései.* 5. sz. füzet. OMBKE Robbantástechnikai szakbizottság kiadványa, Budapest, 1980.
- Varga József: *Katonai robbantástechnika.* Tansegédlet. ZMKA Műszaki tanszék, Budapest, 1983.
- Honvédelmi környezetvédelem – Képzési szakanyag a környezetvédelmi szakelődői képzéshez.* Honvédelmi Minisztérium, Infrastrukturális Ügynökség, Budapest, 2008.
- Jelentés a műszaki harcanyagok helyzetéről – a MH Összhaderőnemi Logisztikai Parancsnokság parancsnokának előterjesztése a Honvéd Vezérkar számára.* Nyt. szám: 1402/2001.
- Kísérleti jegyzőkönyv ANDO–V–100 emulziós robbanóanyaggal végrehajtott robbantásról.* Baja, 1993. október 27. Hitelesítők: dr. Földesi János egyetemi docens (PBS Európa Precíziós Robbantási Szolgáltató Kft.) és Gácsi József robbantásvezető (MIKEROBB Kft.).
- Környezetvédelmi irányelvek a katonai szektor számára. *Katonai Környezetvédelmi Füzetek*, 1. szám. HM Regionális Katonai Környezetbiztonsági Központ, Budapest, 1996.
- 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.*
- Lukács László: *TÁMOP–4.2.1.B–11/2/KMR–2011–0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások című kétéves projekt (2012–2013) Nagy energia sebességű alakítások alprogram, Robbantásos fémmegmunkálás című kiemelt kutatási terület zárójelentése és indikátor igazolása*
- BLADE, the cutting edge.* A Royal Ordnance Plc. Industrial Energetics, England termékbemutató videofilmje, 1992.
- DYNAenergetics GmbH, Germany, Dynawell gyártmányismertető katalógusa.
- A HALEY & WELLER, DARTCORD lineáris vágótöltet-család prospektusa. Wilne, Draycott, Derbyshire, England
- Üreges üvegyöngy.* A Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet (SZIKKTI) termékismertetője, Budapest.
- A Nitro Nobel (Svédország) ANDO keverő berendezéseinek és EMULITE emulziós robbanóanyagának gyártmányismertetői.

A 3M (East) AG (Svájc) mikrogyöngy gyártmányismertetői.  
A JKS Boyles (Anglia) ANDO keverő és szivattyúzó eszközeinek gyártmányismertetője.

### Cikkek, előadások, tanulmányok

- Alting, L.: *Hojeffektform giving at metaller (Fémek robbantásos alakítása)*. Lyngby, Denmark Tekn. Hojskloe, AMT, 1967.
- Baader, F.: Investigation of a theory of blasting (Versus einer Theorie Der Sprengarbeit). *Berjmannishciecs Journal Von Kohler und Hoffman*, V. I. Mar. 1972, 193–212.
- Blazynski, T. Z. – Sewailem, M. R.: *Air cushion effect in the explosive forming of metal sheet*. L., E. F. Southend, 1969. (Repr.: *The Engineer*, Jan. 10. and 17., 1969.)
- Blazynski, T. Z.: *Scaling problems in the development of the free implosive forming of rootes blower impellers*. Oxford, Pergamon Press, 1970. (Repr.: 10th Intern. Machine Tool Design and Res. Conf. Proceedings, 1969.)
- Blazynski, T. Z. (ed.): *The use of high-energy rate methods for forming, welding and compaction*. Leeds, The University of Leeds, 1973. (Papers presented at a conference, 27–29 March 1973.)
- Czeglédi G.: A robbantásos lemezalakítás fejlesztésének újabb eredményei. Budapest, GTI, *Gyártástechnológia*, 1976. XVI. évf., 8. sz., 369–371.
- Czeglédi G. – Göbl N.: Nagysebességű lemezalakító eljárások. Budapest, GTI, *Gyártástechnológia*, 1972. XII. évf., 7–8. sz., 329–335.
- Czeglédi G.: *Robbantásos illesztések, sajtolások*. Budapest, 15. hazai építőipari robbantástechnikai konferencia előadásai, 1981.
- Czeglédi G.: *Robbantásos fémalakítás minőségi értékelésének szakértői kérdései*. Budapest, 3. Építőipari robbantástechnikai kollokvium, ÉTE, 1983.
- Cserneký (Markovits) Árpád: A műszaki záróharc korszerű követelményei. *Magyar Katonai Szemle*, 1939/6. szám.
- Daehn, G. S.: *High Velocity Metal Forming*. ASM Handbook, Volume 14B, Metalworking: Sheet Forming, ASM International, 2006.
- Damó Elemér: Műszaki csapatok a Kárpátokban a II. világháború alatt. *Műszaki Katonai Közölny*, 1994/különszám.
- Daruka Norbert: Jégvédekezés robbantással. *Műszaki Katonai Közölny*, XXIV. évfolyam, 2014/4. szám, 51–67.
- Diószegi Imre: *Értékelő jelentés a papírhüvelyes villamos gyutacs és az ólomköpenyes robbanószinór ellenőrző vizsgálatairól*. MH Haditechnikai Intézet, 1993.
- Erdősi J. – Göbl N. – Szalay A.: *Megmunkálás nyomáshullámokkal (Nagy energiasűrűséggel végzett megmunkálási eljárások című tanulmánykötet)*. Központi Fizikai Kutató Intézet, Budapest, 1990.
- Földesi János: *Robbanó emulziók és emulziókkal végzett külszíni robbantások tapasztalatai*. Az MH SZCSP Műszaki Főnöksége továbbképzésére készített előadás. Baja, 1993.
- Földesi János: Az Austin Powder Co. E\*-star elektronikusan programozható villamos gyutacsának előnyei a gyakorlatban. *Műszaki Katonai Közölny*, 2010/1–4. összevont szám, 197–215.
- Földesi János: A Keszthely környéki kőbányák robbanóanyaggal történő ellátása. *Robbantástechnika*, 29. szám, 2008. április, 1–7.
- Földesi János – Földesi Tamás – Földesi Lóránt: *Korszerű robbantástechnikai termékek és eszközök használatának műszaki és gazdasági előnyei*. A Magyar Robbantástechnikai Egyesület és a Detonet Kft. közös szervezésében, 2009. június 10-én Dunabogdányban, a Bazalt Középkő Kőbányák Kft. bányájában tartott szakmai napra készített tájékoztató.
- Gordon, Arran: *Explosive Applications for Industry and Defense*. Havoc Industries Pty Ltd., 19-Oct-06.
- Groenefeld, Hugo: *New frontiers with explosive forming*, www.aluminiumcentrum.nl/aluminiumcentrum.nl/files/Doc/Congres%202006/module%20d/3-Mr.\_Hugo\_Groeneveld.pdf (a letöltés ideje: 2012. 03. 10.)
- Herstellung von Blechachstragkörpern getriebener Achsen für Kraftfahrzeuge unter Anwendung der Explosivumformung (Gépkocsi hátsó hidak robbantásos alakítása)*. Ludwigsfeld, VEB IFA. Automobilwerke, 1977.
- H. T. I.: Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok – a Haditechnikai tájékoztató sorozat 17. közleménye. *Magyar Katonai Szemle*, 6. füzet, Budapest, 1932.
- Hodosi Lajos: *Meglévő hidak robbantási tervének feldolgozása a „MapInfo” számítógépes térinformatikai rendszerrel*. Szakdolgozat. ZMKA Műszaki tanszék, 1993. (Konzulens: Lukács László.)
- Holtzman, A. H. – Cowan, G. R.: *Bonding of metals with explosives*. NY Welding Res. Council, 1965 (WRC Bulletin 104-Apr. 1965).
- Holtzman, A. H. – Cowan, G. R.: Response of metals to high velocity deformation. *Interscience Publ. New York*, 1961, No. 4., 447–456.



- Kennedy, Donald R.: *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 Schrobenuhausen, West Germany, 20–22 September 1983.
- Kerekes Árpád: Gábor Áron rózagyúí az 1848–49-es szabadságharcban. *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat*, 124. évfolyam, 7–8. szám, Budapest, 1991.
- Konya, C. J.: *Robbantómesterek kézikönyve*. Energia Kft., Tiszaújváros, 1993.
- Kovács Zoltán: *Robbanóanyagok a katonai gyakorlatban*. Előadás a Magyar Robbantástechnikai Egyesület „Fűrás-robbantástechnika 2008” Nemzetközi Konferenciáján, Vác, 2008. szeptember 16–18., megjelent a konferencia kiadványában (HU ISSN 1788-5671).
- Kovács Zoltán: NONEL nem elektromos iniciálású katonai gyújtórendszerek. *Műszaki Katonai Közlöny*, XVI. évf., 2006/1–4. szám, 109–117.
- Kovács Zoltán: Robbantási munkák az ár- és jégvédekezés során. *Műszaki Katonai Közlöny*, XX. évfolyam, 2010/1–4. összevont szám, 159–173.
- Kuszcak, A.: *Wybrane zagadnienia tloczenia wybuchowego. Proba okreslenia wspólczynnika statecznosci obrzeza (A robbantásos sajtolás különleges problémái. A szegélyállóság együtthatója meghatározásának kísérlete)*. Biul. IMP., Varsó, 1965. ápr. szám, 69–74.
- Lukács László: Kis akna-történelem. *Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények*, 6. évf., 3. szám, 2002.
- Lukács László: A MH robbanóanyaggal való ellátottságának helyzete, és egy új robbanóanyag alkalmazásának lehetősége a MH műszaki csapatainál I. *Műszaki Katonai Közlöny*, 1995/1–2. (összevont) szám, 73–108.
- Lukács László: A MH robbanóanyaggal való ellátottságának helyzete, és egy új robbanóanyag alkalmazásának lehetősége a MH műszaki csapatainál II. *Műszaki Katonai Közlöny*, 1995/3. szám, 23–46.
- Lukács László: *Az ANDO–V robbanóanyag alkalmazásának lehetőségei a katonai gyakorlatban*. Robbantási Híradó, Energia Kft., Tiszaújváros, 1995/2.
- Lukács László: *Vasbeton hidak robbantásának tervezése. Számítógépes program*. A ZMKA Parancsnokának Nívódíjában részesített TDK-pályamunka, 1987.
- Lukács László: *Putyi povüsényija efektyivnosztyi razrusenyija zselezobetonüh mosztov sz iszpolovanyijem EVM (A vasbeton hidak rombolása hatékonyságának növelési lehetőségei számítógép alkalmazásával)*. A Szovjetunió Honvédelmi Minisztériuma Műszaki Főnökének dicséret oklevelével díjazott (2. díj) TDK-pályamunka. Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1990.
- Lukács László: Robbantásos merényletek elkövetésének lehetősége Magyarországon. *Hadtudomány*, 1994/3. szám, 82–90.
- Lukács László: A kumulatív vágótöltetek és alkalmazásuk lehetőségei az ipari gyakorlatban. *Robbantástechnika*, 16. szám, 1996. június (az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Robbantástechnikai Szakbizottság periodikája), 8–17.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 1. – A robbanás és a robbanóanyagok. *Magyar Honvéd*, 1996/15. szám, 24–25.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 2. – A gyutacsok kialakulása. *Magyar Honvéd*, 1996/28. szám, 24–25.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 3. – A töltetek villamos gyújtása. *Magyar Honvéd*, 1996/36. szám, 20.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 4. – Időzített és robbanózsínórok. *Magyar Honvéd*, 1996/46. szám, 21–22.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 5. – A (fel) nem robbanó robbanózsínór (NONEL gyújtási rendszer). *Magyar Honvéd*, 1997/1–2. szám, 42–43.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 6. – Irányított energia. *Magyar Honvéd*, 1997/13. szám, 28–29.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 7. – A robbanás irányított hatásának katonai alkalmazása. *Magyar Honvéd*, 1997/28. szám, 28–29.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 8. – Speciális kumulatív töltetek. *Magyar Honvéd*, 1997/30. szám, 32–33.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 9. – Műtrágya mint robbanóanyag? *Magyar Honvéd*, 1997/45. szám, 32–33.
- Lukács László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 10. – Előnyök és hátrányok (Az ipari robbanóanyagok katonai alkalmazhatóságának vizsgálata). *Magyar Honvéd*, 1997/50. szám, 42–43.
- Lukács László: A kumulatív töltetek kialakulása, hatásmechanizmusuk elmélete. *Műszaki Katonai Közlöny*, 1996/3. szám, 8–27.
- Lukács László: A robbanóanyagok történetéről. *Új Honvédségi Szemle*, 1996/11. szám, 139–143.
- Lukács László: A magyar hadseregben alkalmazott robbanóanyagok a századfordulótól napjainkig. *Új Honvédségi Szemle*, 1997/5. szám, 113–118.
- Lukács László: Kumulatív töltetek készítésének lehetőségei, méretezésük néhány módszere. *Műszaki Katonai Közlöny*, 1997/3. szám, 22–35.
- Lukács László: Ipari robbanóanyagok alkalmazási lehetőségei honvédségi földrobbantási feladatok során. *Robbantástechnika*, 21. szám, 2001. március (az OMBKE Robbantástechnikai Szakbizottság periodikája), 3–9.

- Lukács László: Kis akna-történelem. *Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények*, 6. évf., 3. szám, 2002, 15–57.
- Lukács László: Katonai jégrobbantási tapasztalatok. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2005/1–4. összevont szám, 201–214.
- Lukács László: A Magyar Honvédségnél rendszeresített NONEL gyújtási rendszer alkalmazása, különös tekintettel a környezetkímélő robbantásokra. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2006/1–4. összevont szám, 119–133.
- Lukács László: A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Bolyai János Katonai Műszaki Kar, Katonai Műszaki Tanszéke. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2006/1–4. összevont szám, 3–12.
- Lukács László: A ZMNE Központi Könyvtár, Dr. Mueller Othmár Robbantástechnikai Különgyűjteménye. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2006/1–4. összevont szám, 135–142.
- Lukács László: Szemelvények a téglá, kő, beton és vasbeton szerkezeti elemek robbantási szabályainak fejlődéséből. *Robbantástechnika*, 27. szám, 2007. május, Magyar Robbantástechnikai Egyesület, Budapest, 24–35.
- Lukács László: A robbanóanyag fogalma, a robbanóanyagok felosztása a magyar honvédségben. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2008/1–4. összevont szám, 25–38.
- Lukács László: A robbanóanyagok kialakulásának rövid története. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2008/1–4. összevont szám, 15–24.
- Lukács László: *Kiből lehet robbantó? A bombamerényletek humán oldala*. A Magyar Robbantástechnikai Egyesület, „Fúrás-, robbantástechnika 2010” Nemzetközi Konferenciáján, (Balatonkenese, 2010. szeptember 7–10.) elhangzott előadásának a konferencia kiadványában megjelent tanulmánya, 177–185.
- Lukács László: Rendeleti és Honvédelmi Közlönyök műszaki tárgyú anyagai 1879–2006. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXXIII. évfolyam, 2013/1. szám, 88–138.
- Lukács L. – Gál J.: Szerelőmezők készítése hidak rombolásához. *Honvédségi Szemle*, 1987/1. szám, 50–54.
- Lukács L. – Szalay A. – Bérczes I.: Sodronykötelek kötése robbantással. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2004/1–4. összevont szám, 137–146.
- Dr. Lukács László – Szalay András – Bérczes Imre: *Drótkötél hurok készítése robbantással*. Előadás a Haditechnika 2010 Nemzetközi Konferencián, Budapest, 2010. május 6–7. Megjelent a konferencia kiadványában DVD-n.
- Lukács László – Szalay András – Zádor István: A repülőgépek gyártásánál alkalmazható két- és háromrétegű fémanyagok előállítására robbantásos plattírozással. *Repüléstudományi Közlemények*, XXIV. évfolyam, 2012/2. szám, 448–459.
- Lukács László: Épületek elleni robbantásos cselekmények és jellemzőik. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXII. évfolyam, különszám, 2012, 4–13.
- Lukács László – Szalay András – Zádor István: Robbantásos fémalakítás és a repüléstechnika. *Repüléstudományi Közlemények*, XXIV. évfolyam, 2012/2. szám, 431–446.
- Lukács László – Szalay András – Zádor István: Robbantással készített drótkötél hurok. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXIV. évfolyam, 2014/3. szám, 75–88.
- Malentovitz, R.: *Zastosowanie Metody tlaczenia wybuchowego (A robbantásos sajtolási módszer alkalmazása)*. Biul. IMP, Varsó, 1963/4., 18–21.
- Meyer, G. – Schwalbe, M.: *Anwendungsmöglichkeiten der Explosivum-formung (A robbantásos alakítás alkalmazási területei)*. NDk, Fertigungstechnik und Betrieb, 1970. 20 k., 3. sz., 156–158.
- Meyer, L.W. – Herzig, N. – Pursche, F. – Abdel-Malek, S.: Material behavior under dynamic monoand biaxial loading. *Engineering Transactions*, 58, 3–4, 119–129.; 2010 Polish Academy of Sciences, Institute of Fundamental Technological Research, <http://et.ippt.gov.pl/index.php/et/article/viewFile/162/103> (a letöltés ideje: 2016. 09. 23.)
- Mynors, D. J. – Zhang, B.: Applications and capabilities of explosive forming. *Journal of Material Processing Technology*, 125–126, 2002, 1–25.
- Molnár László: Az MM TAMMONIT megnevezésű robbanóanyag és robbantótöltet család bemutatása, a Mechanikai Művek Rt. Speciális Divízió fejlesztési tevékenységének keretei között. *Műszaki Katonai Közlöny*, 1996/4. szám, 20–33.
- Morrison, J. J. – Mahoney, P. F. – Hodgetts, T.: Shaped charges and explosively formed penetrators: background for clinicians. *JR Army Med Corps*, 153.
- Munroe, Charles E.: Modern explosives. *Scribner's Magazine*, Vol. III. 574., 1888.
- Mueller O. – Matye Béláné: *A robbantásos fémmegmunkálásra vonatkozó, az igazságügyi műszaki szakértői gyakorlatban felhasználható szakcikkek jegyzéke*. Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet közleményei, 1984/8. szám, Budapest.
- Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbanóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1983*. I. kötet, 5. átdolgozott kiadás. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet 1983/1. sz. közleménye, 1–95.
- Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbanóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1983*. II. kötet, 5. átdolgozott kiadás. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet 1984/2. sz. közleménye, 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, 210–335.
- Müller Hugó: Az újabb robbanó anyagok. *Ludovica Akadémia Közlönye*, 1888. VI–VII. szám, Budapest.
- Nagy Gábor: Központosított aknák hatásának számítása tölcsérsétképzés esetében és az aknaharcban. *Műszaki Szemle*, 1927/1–3. szám
- Pégoud, J.: *Mise en oeuvre des matériaux par explosion (Fémalakítás robbantással)*. Paris, Machine Moderne, 1973. okt., 15–18.
- Padányi József: *A NATO-tagság hatása a Magyar Honvédség szárazföldi csapatai műszaki támogatásának elméletére és gyakorlatára*. MTA doktori értekezés. Budapest, 2006.
- Poljakov, I. – Iljenko, V.: Zagrazszenyija na avtomobilnüh dorogah I–II. (Obstacles in the roads). *Zarubezsnoje Vojennoje Obozrenyje*, Moszkva, 1990/2., 82–90. és 1990/3., 70–75.
- Prümmer, E.: Explosivbearbeitung von Werkstoffen (Fémek robbantásos megmunkálása). NSZK, *Z. f. Werkstofftechnik*, 1973. 4. k. 5. sz., 236–243.
- Puskás J. – Szalay A.: *Robbantásos csőalakítás és plattírozás a Villamosipari Kutató Intézetben*. Budapest, 15. hazai építőipari robbantástechnikai konferencia előadásai, 1981.
- Rozsnyói Péter: *Az árvízvédelmi robbantások helyzete és jövője*. Előadás az Építőipari Tudományi Egyesület, Robbantástechnikai szakbizottsága III. Építőipari robbantástechnikai kollokviumán, Budapest, 1983. Megjelent a konferencia kiadványában 5 oldalon.
- Sárvári Györgyné (szerk.): *Robbantástechnika ajánló bibliográfia*. Országos Műszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ, Könyvtári Igazgatóság, Budapest, 1973.
- Scheich László: A löpornak gyártása. *Ludovica Akadémia Közlönye*, 1888. X. szám, Budapest.
- Schinnerling, J.: Die Explosivformung – eine neue Verfahrenstechnik der Umformung (A robbantásos alakítás – új fémalakítási technika). NSZK, *Werkstatt und Betrieb*, 1971. 104. k. 3. sz., 183–186.
- Smith, C. G.: *Újabb fejlesztések az emulziók/slurryk szenzitivizálásánál*. PQ International, Valley Forge, Pennsylvania, USA, kézirat.
- Susánszky Zoltán: Robbanóanyagok alakítják a fémeket. *Természet Világa*, 1971. 10. sz., 449–451.
- Susánszky Zoltán: Az energiairányítás a fémek robbantó alakításakor. *Haditechnikai Szemle*, 1969/3. sz., 98–103.
- Susánszky Z.: *A robbantó mélyhúzás energiaközlési folyamatának műszeres vizsgálata*. Doktori értekezés. Budapest, BME, 1973.
- Szabó Sándor: *Speciális műszaki technikai eszközök és felszerelések alkalmazási lehetőségei a katasztrófavédelemben*. A Magyar hadtudományi Társaság 2008. évi pályázatán I. díjat nyer tanulmány (rövidített formában megjelent a *Hadtudomány* 2009. évi elektronikus számában, [http://mht.eu/hadtudomany/2009/2009\\_elektronikus/2009\\_e\\_5.pdf](http://mht.eu/hadtudomany/2009/2009_elektronikus/2009_e_5.pdf))
- Szalay A. – Bérczes I.: Robbantásos fémmegmunkálási eljárások. *Műszaki Katonai Közlöny*, 1992/3. szám *Tensile testing of explosively bonded steel ropes*. Nordmetall report NM 22/2013.
- Tóth József: Az emulziós robbanóanyagok története és katonai alkalmazhatóságának lehetősége. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2007/1–4. összevont szám, 157–169.
- Tóth József: *Az ipari robbanóanyaggyár rövid története*. Előadás a „Fúrás-, robbantástechnika 2008” Nemzetközi Konferencián, Vác, 2008. 09.16–18. Megjelent a konferencia kiadványában. *Robbantástechnika*, 24–31.
- Tóth Ferenc: *Vízügyi ágazat jégrombolási és jégrobbantási tevékenysége*. „Fúrás-, robbantástechnika 2008” Nemzetközi Konferencia kiadványkötete. *Robbantástechnika* különszáma, 77–83.
- Tóth Ferenc: *Jégrobbantás évszázada Magyarországon*. „Fúrás-, robbantástechnika 2012” Nemzetközi Konferencia kiadványkötete. *Robbantástechnika* különszáma, 118–126.
- Turcsányi Gyula: Az osztrák–magyar hadianyagipar fegyver- és lőszer-teljesítménye a világháború alatt. *Műszaki Szemle*, 1925. 1. szám.
- Valters, William: *A Brief History of Shaped Charges*. 24th International Symposium on Ballistics, vol. 1, 3–10., New Orleans, LA, 22–26 September 2008.
- Vörös László: A robbanóanyagok történeti fejlődése. *Műszaki Szemle*, 1929. 6–8. szám.
- Vörös László: A robbanóanyag-ellátás problémája a háború alatt és után. *Műszaki Szemle*, 1930. 9. szám.
- Wagner Béla: A lőpor fejlődés-története. *Ludovica Akadémia Közlönye*, 1892. VI–VII. szám, Budapest.

*A robbantásos fémalakítás/megmunkálás hazai és nemzetközi alkalmazásának kutatása az NKE Központi Könyvtár, Mueller Othmár robbantástechnikai külön-gyűjteményében* című kutatási adatbázis DVD-n (kutatásvezető dr. Lukács László).

Edited Appletons Encyclopedia, <http://famousamericans.net/charlesedwardmunroe/>

Q–Cel® Ultra-Light Hollow Glass Microspheres – Industrial Explosives Applications, [www.potterseurope.com](http://www.potterseurope.com)

- Potters Industries Q–CEL 7014, www.potterseurope.com  
*Tudományos Diákköri Pályamunkák.*<sup>871</sup>
- Pályamunkák a Katonai Főiskolák 2. Tudományos Diákköri Konferenciájára (Szolnok, 1984):
- Vörös Imre: *A villamos és tűzzel való gyújtás eszközeinek és segédeszközeinek fejlődése.*
- Jónás Ferenc: *A faszerkezeti elemek és a tuskórobbantás szabályainak fejlődése.*
- Kiss József: *A fémszerkezeti elemek, valamint a fémhidak robbantási szabályainak fejlődése.*
- Kollár Gábor: *A téglá, kő, beton és vasbeton szerkezeti elemek és hidak, valamint a vasutak és alagutak robbantási szabályainak fejlődése.*
- Búzás István: *Föld és sziklás kőzetek hajító és lazító robbantásának, valamint a föld erődítési építmények alapgödrei kirobbantási szabályainak fejlődése.*
- Gál Gyula: *A katonai (harcászati) és a polgári célú épület és kéményrobbantás szabályainak fejlődése.*
- Bajkó Béla: *A víz alatti robbantások és a jégrobbantás szabályainak fejlődése.*
- Novák László: *Robbanóanyagok tárolási, szállítási és kezelési szabályainak fejlődése.*
- Hajdú G. – Dancs E. – Zsíros M.: *Tüzelőállások robbantása sziklás kőzetben.* A Katonai Főiskolák 2. Tudományos Diákköri Konferenciáján 1984-ben, Szolnokon II. díjat nyert pályamunka.
- Bagi Szilárd: *Az osztrák–magyar monarchia és a magyar honvédség tisztjei a robbantástechnika szolgálatában.* Pályamunka a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Kar, Általános és Felsőgeodézia Tanszék Millenniumi TDK-konferenciájára, Budapest, 2000. Megjelent a *Műszaki Katonai Közöny* 2000/1–4. összevont számában.
- Lacza János: *A katonai és az ipari robbantás-technika egymásra hatása a múltban és a jelenben.* Pályamunka a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Kar, Általános és Felsőgeodézia Tanszék Millenniumi TDK-konferenciájára, Budapest, 2000. Megjelent a *Műszaki Katonai Közöny* 2000/1–4. összevont számában.

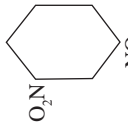
<sup>871</sup> A témához kapcsolódó, általam vezetett (konzultált) dolgozatok.

## Mellékletek

1. melléklet

A katonai robbanóanyagok jellemzői<sup>872</sup>

Iniciáló robbanóanyagok

Köznapimegnevezés (kémiai név)	Vegyösszetétel	Szín	Vízfelvétel (higroszkóposság)	Érzékenység		Olvadáspont [°C]	Detonációsebesség [m/s]	Brizancia		Felhasználás	Reagálás fémekre	Stabilitás
				Ütés ~ <sup>+</sup> inch cm	Dörzs ~ <sup>++</sup> [%]			Hő ~ <sup>+++</sup> [°C]	Sand-teszt [gramm]			
Ólomazid, ólom (II.) – azid	Pb (N <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> N: 28,8% Pb: 71,2%	Kristályos fehértől drappig.	relative nem higroszkópos	$\frac{5}{12,7}$	100	Részeire bomlik az olvadás előtt.	Préselt: $\rho = 4 \text{ g/cm}^3 = 5180$ $\rho = 3 \text{ g/cm}^3 = 4630$ $\rho = 2 \text{ g/cm}^3 = 4070$	19	–	1. Detonátorok. 2. Alapgyutacskeverékek. 3. Ipari gyutacsok.	Nedvesség hatására reakcióba lép a rézzel, a cinkkel és ezek ötvözetivel, érzékeny elegyet alkotva velük. Ezért csak alumíniumhüvelyű gyutacsba tölthető. Más fémeket nem támad meg száraz állapotban.	Az egyik legstabilabb robbanóanyag. 80 °C-on (176 °F) 15 hónapig megtartja tulajdonságait.
Durranó-higany (higanyfulminát)	Hg (ONC) <sub>2</sub> C: 8,4% N: 9,8% Hg: 70,6% O: 11,2%	Tiszta fehér, rendszerint sárgára színezik.	nem higroszkópos	$\frac{2}{5,08}$	100	Részeire bomlik az olvadás előtt.	Ömslesztett: 1200 Préselt: $\rho = 4 \text{ g/cm}^3 = 5000$ $\rho = 3 \text{ g/cm}^3 = 4250$ $\rho = 2 \text{ g/cm}^3 = 3500$	23,4	–	1. Alapgyutacskeverékek. 2. Detonátorok. 3. Ipari gyutacsok.	Száraz állapotban is gyors reakcióba lép az alumíniummal, lassúbb a reakció a rézzel, cinkkel és a sárgaréz-bronzal; a nedvesség fokozza a reakció gyorsaságát. Vassal és acéllal semmilyen formában nem lép reakcióba.	Száraz állapotban 3 évig eltartható. 50 °C-on 10 hónapig tartja meg tulajdonságait, majd alkotórészeire bomlik. Száraz állapotban nem tartható.
DDNP: Dinol Diazo-dinitro-fenil	O – N II N O <sub>2</sub>  NO <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> N <sub>4</sub> O <sub>5</sub>	Sárgás-vöröstől barnáig terjedő színű por.	nem higroszkópos	$\frac{2}{5,08}$	100	157	Préselt: $\rho = 1,6 \text{ g/cm}^3 = 6900$ $\rho = 1,5 \text{ g/cm}^3 = 6600$ $\rho = 0,9 \text{ g/cm}^3 = 4400$	47,5	–	1. Perkussziós gyutacsok. 2. Gyutacs és robbanószinór. 3. Alapgyutacsok.	Nem főrésze az ólomaziddal.	50 °C-on 30 hónapig állékony.

<sup>872</sup> A Military explosives and propellants study guide (Katonai robbanóanyagok és hajóanyagok jegyzéke). Dover Piscataway Arsenal, AMCAS, 1966. alapján fordította a szerző.

Köznapimegnevezés (kémiai név)	Vegyösszetétel	Szín	Vízfelvevő képesség (higroszkóposság)	Érzékenység			Olvasdás-pont [°C]	Detonációsebesség [m/s]	Brizancia		Felhasználás	Reagálás fémekre	Stabilitás
				Ütés ~+ inch cm	Dörzs ~+ [%]	Hő ~+ [°C]			Sand-teszt [gramm]	Zúzási teszt +++++ [TNT]			
TNRSZ, tricinát, tenezesz, ólom-szítfnát (trimitro-rezorcinát)	PbO <sub>2</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O C: 15,4% H: 0,6% N: 9,0% O: 30,8% Pb: 44,0%	Kristályos vagy narancssárgástól vörösesbarnáig.	nem higroszkópos	3 7,6	100	282	felrobban: 260–310	e = 2,9 g/cm <sup>3</sup> = 5200 e = 2,6 g/cm <sup>3</sup> = 4900	10,5	–	1. Alapgyutacs. 2. Az ólomazid érzékenyítője.	Az alumíniumot és az aranyozást nem támadja.	Nagyon stabil.
Tetrazen	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> N <sub>4</sub> O C: 12,8% H: 4,3% N: 74,4% O: 8,5%	Sárgás fehértől halvány sárgáig.	relatívve nem higroszkópos	2 5,08	–	160	felrobban: 140–160	–	28,2 (nem préselt állapot)	1. Alapgyutacsba gyújtóanyag. 2. Detonátor, csap-pantyú.	–	75 °C-ig stabil, 100 °C fölött szétbomlik.	
Nitropentta; PETN (pentaeritrit-tetranitrát)	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> N <sub>4</sub> O <sub>12</sub> C: 19,0% H: 2,5% N: 17,7% O: 60,8%	Kristályos fehér.	nem higroszkópos	6 15,2	5	230	141	e = 1,7 g/cm <sup>3</sup> = 8300	60,2	1. Robbanószinór. 2. Gyutacsok főtöltete. 3. Alapgyutacsok. 4. Pentolit gyártásánál.	Nedves állapotban, hosszú tárolás során az alumíniummal kismértékben reakcióba lép. Rézből, magnéziumból, magnézium-alumínium ötvözetből, sárgarézből készült saválló bevonattal, valamint nikkel-, cink- és kadmiumfellellettel reakcióba lép nedves állapotban. Száraz állapotban fémekkel csak kismértékben reagál.	Stabil; hosszabb tárolás után sem veszíti el tulajdonságait 38 °C-ig (110 °F). Tropusi viszonyok között nem bírja úgy a tárolást, mint a TNT.	
Hexogén; RDX (ciklo-trimetilén-trinitramin)	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> N <sub>6</sub> O <sub>6</sub> C: 16,3% H: 2,7% N: 37,8% O: 43,2%	Fehér.	nem higroszkópos	8 20,3	20	260	204	e = 1,65 g/cm <sup>3</sup> = 8180	–	1. Keverék robbanóanyagok alkotóeleme. 2. Indító töltet harcokban. 3. Detonátorok alapöltete. 4. Gyutacsok alapöltete.	Fémekkel nem vagy csak kismértékben reagál. Nedvesség hatására kismértékben korrodálja a nikkel, cinket, rezet és sárgarezet.	85 °C-ig stabil 10 hónapig.	

## Magas hajtóerejű brizáns (booster) robbanóanyag

Köznapi megnevezés (kémiiai név)	Vegyí összetétel	Szín	Vízfelvő képesség (higroszkóposság)	Érzékenységi			Olvadáspont [°C]	Detonációsebesség [m/s]	Brizancia		Felhasználás	Reagálás fémekre	Stabilitás
				Ütés ~ inch/cm	Dörzs ~ %	Hő ~ °C			Sand-teszt [gramm]	Zúzási teszt [TNT]			
Tetrit (Trinitro-fenilmetilnitramin)	$C_7H_5N_3O_8$ C: 29,3% H: 1,7% N: 24,4% O: 44,5%	Világos sárga por.	nem higroszkópos	$\frac{8}{20,3}$	0	257	130	$v_d = 1,71 \text{ g/cm}^3 = 7850$	54,2	121	1. Indító (booster) 2. Keverék robbanóanyagok alkotóeleme. 3. Detonátorok alaptöltete. 4. Perforátorok töltete.	Kis mértékben vagy egyáltalán nem lép reakcióba a rézzel, ólommal, nikkel, kadmiummal, alumíniummal, sárgarézrel, bronzal és ónnal. Nem reagál a saválló bevonatokkal.	Stabil.
Oktogén; HMX (Ciklotetrametilnitramin)	$C_8H_{16}N_8O_{16}$ C: 16,2% H: 2,7% N: 37,9% O: 43,2%	Kristályos, fehér.	nem higroszkópos	$\frac{9}{22,8}$	100	327	273	$v_d = 1,67 \text{ g/cm}^3 = 8900$ $v_d = 1,84 \text{ g/cm}^3 = 9124$	60,4	–	1. Keverék robbanóanyagok alkotóeleme, (Okto) HTA. 2.) A hexogén és a tetrit kiváltása, főleg mélyfűrészekben alkalmazott robbanószerkezeteknél, perforátoroknál.	Kb. megegyező a hexogénnel. Sokkal stabilabb a hexogénnel, különösen magas hőfok esetén.	
<b>Repezítő hatású (brizáns) robbanóanyagok</b>													
Amatolsorozat 50/50 Amatol 60/40 Amatol 80/20 Amatol	50% $NH_4NO_3$ - 50% TNT; 60% $NH_4NO_3$ - 40% TNT; 80% $NH_4NO_3$ - 20% TNT	Sárgától barnáig.	higroszkópos	$\frac{16}{40,6}$ $\frac{16}{40,6}$ $\frac{15}{38,1}$	0	265 270 280	–	$v_d = 1,55 \text{ g/cm}^3 = 6435$ $v_d = 1,55 \text{ g/cm}^3 = 5500$ $v_d = 1,55 \text{ g/cm}^3 = 5300$	42,5 41,5 35,5	82 80 70	1. Bombák töltete. 1. Repezítő töltete. 2. Bangalore-töltet.	Száraz állapotban kismértékben reagál a rézzel, bronzal, ólommal.	Stabil.
Ammonál	67% TNT - 22% $NH_4NO_3$ - 11% alumínium	Szürke.	Kevésbé higroszkópos, mint az Amatol.	$\frac{11}{28}$	0	265	–	6500	47,8	–	1. Megegyező az Amatollal.	Stabil.	

Köznapi megnevezés (kémiail név)	Vegyí összetétel	Szín	Vízfelvevő képesség (higroszkóposság)	Érzékenység			Olvasdás-pont [°C]	Detonációsebesség [m/s]	Brizancia		Felhasználás	Reagálás fémekre	Stabilitás
				Ütés ~+ inch cm	Dörzs ~++ [%]	Hő ~+++ [°C]			Sand-teszt [gramm]	Zúzási teszt +++++ [TNT]			
Ammónium-nitrát	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> N: 35% H: 5% O: 60%	Fehér por.	higroszkópikus	37 94	0	210	169,6	1100–2700	Csak részleges robbantási eredmény	–	1. Föld- és sziklarobbanásokhoz lazító töltet. 2. Keverék robbanóanyagok alkotórésze.	Szárazon kismértékben reagál a vörösréz, bronzsal, ólom- és vörösréz bevonatú fémekkel. Nedvesség hatására reagál a rézzel.	Stabil.
A 3 keverék	Hexogén: 91%, flegmatizáló ag. (Wax): 9%	Fehértől drappig.	nem higroszkópikus	16 41	0	250	200	$c_0 = 1,59 \text{ g/cm}^3 = 8100$	51	150	1. Repeszítő töltet.	Szárazon kismértékben reagál a vörösréz, magnéziummal, Mg–Al-ötvözetrel és kadmium v. vörösréz plattírozott felülettel.	Stabil.
A 4 keverék	Hexogén: 97%, flegmatizáló ag. (Wax): 3%	Fehértől drappig.	nem higroszkópikus	–	–	–	–	–	–	–	1. Repeszítő töltet.	Szárazon kismértékben reagál a vörösréz, magnéziummal, Mg–Al-ötvözetrel és kadmium v. vörösréz plattírozott felülettel.	Stabil.
B keverék (hexotol)	Hexogén: 60%, trotil: 39%, Wax: 1%	Sárgásbarna.	nem higroszkópikus	14 36	0	278	80	$c_0 = 1,65 \text{ g/cm}^3 = 7800$	54	139	1. Repeszítő töltet. 2. A legtöbb általános használt kumulatív töltet robbanóanyaga. 3. Tüzérségi lőszer, aknák, rakéták, gránátok robbanóanyaga.	–	Stabil.
B 2 keverék (hexotol)	Hexogén: 60%, trotil: 40%	Sárgásbarna.	nem higroszkópikus	11 28	0	–	85-100	$c_0 = 1,7 \text{ g/cm}^3 = 7900$	55	–	1. Bombák robbanóanyaga.	–	Stabil.
B 3 keverék (hexotol)	Hexogén: 59,5%, trotil: 40,5%	Sárgásbarna.	nem higroszkópikus	–	–	–	–	–	–	–	1. 1957-ben rendszerítették bombák robbanóanyagaként.	–	Stabil.
B 4 keverék (hexotol)													

Most került gyártásba.



Köznapi megnevezés (kéimiai név)	Vegyí összetétel	Szín	Vízfelvevő képesség (higroszkóposság)	Érzékenység			Olvasdás-pont [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Detonációs sebesség [m/s]	Brizancia		Felhasználás	Reagálás fémekre	Stabilitás
				Útés $\sim^+$ inch/cm	Dörzs $\sim^{++}$ [%]	Hő $\sim^{+++}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]			Sand-teszt [gramm]	Zúzási teszt [TNT]			
Baratol	trotil: 67% bárium-nitrát: 33%	–	nem higroszkópikus	$\frac{11}{28}$	–	385	–	$\rho = 2,55 \text{ g/cm}^3 = 5900$	26,8	–	1. Repeszítő töltet. 2. Bombák töltete.	Kb. azonos a trotiléval.	Stabil; 0–40 $^{\circ}\text{C}$ -ig plasztikus.
C-keverék	Hexogén: 88,3%, plasztifikátor (nem robbanó anyag): 11,7%	Sárgás-vörös.	nem higroszkópikus	$\frac{—}{100}$	0	285	–	$\rho = 1,49 \text{ g/cm}^3 = 8500$	46,5	–	1. Plasztikus robbanóanyag.	Nem reagál.	Stabil; –6 $^{\circ}\text{C}$ -tól 52 $^{\circ}\text{C}$ -ig (22 $^{\circ}\text{F}$ –125 $^{\circ}\text{F}$ ) plasztikus.
C-2 keverék	Hexogén: 78,7%, plasztifikátor robb. ag.: 21,3%	Sárgás-barna.	nem higroszkópikus	$\frac{—}{90}$	0	285	–	$\rho = 1,57 \text{ g/cm}^3 = 7660$	47,5	–	1. Plasztikus robbanóanyag.	Nem reagál.	Stabil; –6 $^{\circ}\text{C}$ -tól 52 $^{\circ}\text{C}$ -ig (22 $^{\circ}\text{F}$ –125 $^{\circ}\text{F}$ ) plasztikus.
C-3 keverék	Hexogén: 77%, plasztifikátor robb. ag.: 23%	Sárgás-vörös.	nem higroszkópikus	$\frac{14}{36}$	0	280	–	$\rho = 1,60 \text{ g/cm}^3 = 7625$	53	–	1. Plasztikus robbanóanyag.	Nem reagál.	Stabil; –7 $^{\circ}\text{C}$ -tól 77 $^{\circ}\text{C}$ -ig (20 $^{\circ}\text{F}$ –170 $^{\circ}\text{F}$ ) plasztikus.
C-4 keverék	Hexogén: 91%, polizobutilén: 2,1%, motorolaj: 1,6%, di (2etilhexil) Sebacate: 5,3%	Piszkos-fehér.	nem higroszkópikus	$\frac{19}{48}$	0	290	–	$\rho = 1,59 \text{ g/cm}^3 = 8040$	55,7	–	1. Plasztikus robbanóanyag. 2. Egyéb új lőszerrek töltete.	Nem reagál.	Stabilabb a C3-nál és sokkal kevésbé illékony; 14–77 $^{\circ}\text{C}$ (57–170 $^{\circ}\text{F}$ ) között plasztikus.
Ciklotol	Hexogén–TNT 60%–40% 65%–35% 70%–30% 75%–25%	Sárgás-drapp.	nem higroszkópikus	$\frac{14}{36}$	0	280 270 265 –	–	7900 7935 8060 8200	54,6 55,4 56,6 –	–	1. Kisméretű robbanóanyag.	Nem reagál.	Stabil.

Köznap megnevezés (kémiai név)	Vegy összetétel	Szín	Vízfelvevő képesség (higroszkó- posság)	Érzékenység			Olva- dáspon t [°C]	Detonációssebesség [m/s]	Brizancia		Felhasználás	Reagálás fémekre	Stabilitás
				Ütés ~ inch cm	Dörzs ~ [%]	Hő ~ [°C]			Sand-teszt [gramm]	Zúzási teszt ++++ [TNT]			
DBX (De- pth Bomb Expl. – Mély- vízi bomba robbanó-anya- ga)	Trotil: 40%, Hexogén: 21%, ammóni- um-nitrát: 21%, aluminumpor: 18%	Szürke.	higrosz-kó- pikus	13 34	0	400	–	6600	58,5	–	Mélyvízi bombák töltete.	Hasonlóan re- agál a fémek- kel, mint az amatol, az am- mónium-nitrát tartalma kö- vetkeztében.	Stabil.
Ednaton	Haleite – TNT 60 – 40 57 – 43 55 – 45 50 – 50	Sárga.	nem higrosz- kópikus		0	55/45- ös 190 °C	80–90	Az 55/45-ös, ha $v_e =$ 1,63 g/cm <sup>3</sup> = 7340	Az 55/45-ös 49	124	1. Egy időben a gyújtobom- bák repetítő tölteteiként használták. 2. Alapvető alkal- mazása a 220- as repeszbom- bák töltéként.	–	Stabil.
D-robbanó anyag (ammónium- pikrát)	C: H <sub>2</sub> N <sub>2</sub> O <sub>6</sub> C: 29,3% H: 2,4% N: 22,7% O: 45,6%	Sárgától a na- rancs-ig.	nem higrosz- kópikus	17 43	0	318	265	$v_e = 1,55$ g/cm <sup>3</sup> = 6850	39,5	99	1. Páncéltörő löve- dek és bom- bák töltete. 2. Pikrátal alko- tóeleme.	Szárazon csak kismértékben vagy egyálta- lan nem. Nedvesen re- akcióba lép, és hidrolizá- lás közben pikril-azido- kat képeznek.	Stabil.
Haleite (Edna: Etilén- D)- nitramin)	C2H6N4O4 C: 16,0% H: 4,0% N: 37,3% O: 42,7%	Féhértől a drappig.	nem higrosz- kópikus	14 36	0	189	175	$v_e = 1,49$ g/cm <sup>3</sup> = 7570	52,3	134	1. Az Ednaton al- kotóeleme. 2. Boosterekbe.	–	Stabil.
HBX-1 (High Blast Explo- sives – nagy hatóerejű robbanó- anyag)	Hexogén: 40%, TNT: 38%, aluminium: 17%, flegma- tizátor (D2 keverék): 5%, CaCl (adalek ag.): 0,5%	Szürke.	nem higrosz- kópikus	16 41	–	480	–	$v_e = 1,69$ g/cm <sup>3</sup> = 7224	48,1	–	1. Mélyvízi bom- bák töltete. 2. Torpedók harci töltete. 3. Rakéták harci töltete.	–	Stabil. A D2 fleg- matizátor ke- verék össze- tetele: 84% paraffin, 14% nitrocellulóz, 2% lecitin.

Köznapi megnevezés (kémiai név)	Vegyí összetétel	Szín	Vízfelvétel képesség (higroszkó- posság)	Érzékenység			Olvas- dás- pont [°C]	Detonációssebesség [m/s]	Brizancia		Felhasználás	Reagálás fémekre	Stabilitás
				Ütés ~+ inch cm	Dörzs ~++ [%]	Hő ~+++ [°C]			Sand- teszt [gramm]	Zúzási teszt ++++ [TNT]			
HBX-3	Hexogén: 31%, TNT: 29%, alumínium: 35%, D2 flegmatizátor: 5%, CaCl-adalék: 0,5%	Szür- ke.	nem higrosz- kópikus	15 38	-	500	$v_d = 1,81 \text{ g/cm}^3 = 6917$	44,9	-	1. Gyűjtőkészülé- kek. 2. Harci töltetek. 3. A legjobb víz alati robbantáshoz.	-	Stabil.	
H6 (HBX-6)	Hexogén: 45%, TNT: 30%, alumínium: 20%, D2 flegmatizátor: 5%, CaCl-adalék: 0,5%	Szür- ke.	nem higrosz- kópikus	14 36	-	610	$v_d = 1,71 \text{ g/cm}^3 = 7191$	49,5	-	1. Harci töltetek 2. Harekocsiaknak. 3. A legjobb légi robbantáshoz.	-	Nedvesség elleni sta- bilitását az alumíni- um oxidációja fogja meghatározni.	
HTA-3	Hexogén: 49%, TNT: 29%, alumínium: 22%	Szür- ke.	-	17 43	-	370	$v_d = 1,90 \text{ g/cm}^3 = 7866$	61,3	-	1. Nagy hatóerejű lőszerkebe.	-	Stabil.	
MAX-2	Hexogén: 38%, alumí- nium (dikromátózott, atomizált): 62%, grafit: 1,5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MOX-2 B (fémoxidós robbanó- anyag)	Alumínium: 52,4%, Hexogén: 5,8%, TNT: 3,9%, ammónium-per- klorát: 35%, kalci- um-sztearát: 1,9%, grafit: 1,0%	Szür- ke.	-	12 30	-	-	-	11,5	-	1. 37 mm-es lövedé- kek töltése.	Nem reagál.	Stabil.	

Köznapi megnevezés (kémiai név)	Vegyi összetétel	Szín	Vízfelvétel képesség (higroszkóposság)	Érzékenység			Olvasáspont [°C]	Detonációsebesség [m/s]	Brizancia		Felhasználás	Reagálás fémekre	Stabilitás
				Ütés ~+ inch/cm	Dörzs ~++ [%]	Hő ~+++ [°C]			Sand-teszt [gramm]	Zúzási teszt ++++ [TNT]			
Nitro-keményítő (tri II)	Nitrokeményítő: 49%, Báriumnitrát: 40%, Mononitro-naftalin: 7%, Paranitro-analin: 3%, Olaj: 1%	Szürke.	higroszkópikus	$\frac{8}{20}$	Recseg-roppog	195	$v_0 = 0,92 \text{ g/cm}^3 = 7100$	39,5	–	1. Régebben lőszerkéntöltésére és robbantásához használják. 2. Elavulóban lévő robbanóanyag.	A fémeket huzamos érintéskorrodálja.	Kevésbé stabil, mint a TNT.	
Oktol	I. típusú oktogén: 75%, TNT: 25%, II. típusú oktogén: 70%, TNT: 30%	Halvány sárgától a barnáig.	nem higroszkópikus	$\frac{17}{43}$ $\frac{18}{46}$	–	350 335	$v_0 = 1,81 \text{ g/cm}^3 = 8643$ $v_0 = 1,80 \text{ g/cm}^3 = 8377$	62,1	–	1. Nagy hatóerejű lövedékek. 2. Bombák robbanótöltete.	Nem reagál.	Stabil.	
Plasztikus, tapadó Hexogén (PBX-A típus)	Hexogén: 90%, Polistiren: 8,5%, Dioctylphalate: 1,5%	Rózsaszín.	nem higroszkópikus	$\frac{17}{43}$	–	275	–	–	–	1. M91 robbanótöltet. 2. Boosterek és egyéb hajlékony töltetek.	–	Nagyon stabil.	
Plasztikus, tapadó Hexogén (PBX-B típus)	Hexogén: 90%, Plasztifikátor: 10%	Rózsaszín.	nem higroszkópikus	–	–	275	–	–	–	–	–	–	

Köznapi megnevezés (kémiai név)	Vegyi összetétel	Szín	Vizfelvevő képesség (higroszkóposság)	Érzékenység			Olvasdás-pont [°C]	Detonációsebesség [m/s]	Brizancia		Felhasználás	Reagálás fémekre	Stabilitás
				Ütés ~+ inch/cm	Dörzs ~++ [%]	Hő ~+++ [°C]			Sand-teszt [gramm]	Zúzási teszt [TNT]			
50/50 Pentolit	Nitropent: 50%, TNT: 50%	Világos drapp.	nem higroszkópos	$\frac{12}{30}$	0	220	80-tól	$\rho = 1,65 \text{ g/cm}^3 = 7450$	55,6	131	1. Booster kumulatív töltetben.	Nedves környezetben kismértékben reagál a vörös- és a sárga réz- és a cinkkel.	Stabil.
10/90 Pentolit	Nitropent: 10%, TNT: 90%	Világos drapp.	nem higroszkópos	$\frac{14}{36}$	0	–	–	–	49,5	–	–	–	Stabil.
Pikratol	D-robb ag.: 52%, TNT: 48%	Sárgás barna.	nem higroszkópos	$\frac{17}{43}$	–	285	122	$\rho = 1,62 \text{ g/cm}^3 = 6970$	45	102	1. Bombák töltete.	Kb. azonos a D-robb. ag. gal.	Stabil.
Pikrik-azid; pikrinsav (trinitrofenol)	$\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$ C: 31,5% H: 1,3% N: 18,3% O: 48,9%	Fehértől a sárgáig.	nem higroszkópos	$\frac{13}{34}$	–	322	122	$\rho = 1,71 \text{ g/cm}^3 = 7350$	48,5	–	1. Más robbanóanyagok alkotóeleme	Gyakorlatilag minden fémmel reagál, nagyon érzékeny pikrát formájában.	Stabil.
Tetritol	$\text{Tetritol-TNT}$ 80–20, 75–25, 70–30, 65–35	Sárga.	nem higroszkópos	$\frac{9}{23}$ $\frac{10}{25}$ $\frac{11}{28}$ $\frac{11}{28}$	–	290 310 320 325	65–90 között	$\rho = 1,6 \text{ g/cm}^3 =$ 7385 7340 7310	54,0 53,7 53,2 52,6	120–134	1. 75/25 és 80/20 robbanótestek. 2. 70/30 – boos-terek. 3. 65/35 – aknák.	Száraz állapotban a magneziummal és az alumíniummal gyengén reagál.	Stabil, bár 65 °C felett a raktározásnál el kell különíteni, mert olajos kiválasztódás változtatja el a robbanótesteket.
TNT; trotil (trinitrotoluol)	$\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$ C: 37,0% H: 2,2% N: 18,5% O: 42,3%	Világos-sárgától a sárgás-vörösig.	nem higroszkópos	$\frac{14}{36}$	0	475	81–82	Ömlesztett: 5200 Préselt: $\rho = 1,56 \text{ g/cm}^3 =$ 6700–6900	47,5	100	1. Robbanótöltetek. 2. Más robb. ag. alkotórésze. 3. Lőszerek. 4. Ammónium-nitrát indító töltete.	Nagyon kis mértékben korrodálja az ólmot.	Stabil, bár lütközéskor érzékeny robbanóanyagot alkot.

Köznapi megnevezés (kémiai név)	Vegyi összetétel	Szín	Vízfelvétel képesség (higroszkóposzág)	Érzékenység			Olvasdás-pont [°C]	Detonációsebesség [m/s]	Brizancia		Felhasználás	Reagálás fémekre	Stabilitás
				Ütés ~+ inch cm	Dörzs ~++ [%] [°C]	Hő ~+++ [°C]			Sand-teszt [gramm]	Zúzási teszt +++++ [TNT]			
TORPEX-SOROZAT TORPEXI	Hexogén: 42%, TNT: 40%, Alu. por: 18%	Ezüstös fehér.	nem higroszkóposz	$\frac{8}{20}$	-	260	88-95	$\rho = 1,8 \text{ g/cm}^3 = 7600$	58,2	126	1. Tengeri akknák. 2. Torpedók harci feje. 3. Mélységi töltetek.	Nem reagál.	Stabil.
TORPEX2	Hexogén: 41,6%, TNT: 39,7%, Alu. por: 18%, Viasz: 0,7%	Szürke.	nem higroszkóposz	$\frac{9}{20}$	-	260	88-95	$\rho = 1,81 \text{ g/cm}^3 = 7495$	59,5	-	1. Tengeri akknák. 2. Torpedók 3. Tengeri mélységi töltetek.	Nem reagál.	Stabil.
TORPEX3	Hexogén: 41,4%, TNT: 39,7%, Alu. por: 17,9%, Vi- asz: 0,7%, Nátrium- klorid: 0,5%	Szürke.	nem higroszkóposz	$\frac{9}{20}$	-	260	88-95	$\rho = 1,81 \text{ g/cm}^3 = 7495$	59,5	-	1. Tengeri akknák. 2. Torpedók. 3. Tengeri mélységi töltetek.	Nem reagál.	Stabil.
Tritonal	Alu. por: 20-30-40%, TNT: 80-70-60%	Ezüstös.	nem higroszkóposz	$\frac{13}{33}$	0	470	80-90	6700	52 (80/20)	91	1. Bombák. 2. Gránátok (csak a 80/20-as rendel- kezik elég nagy hatásfokkal).	Nem reagál.	Kb. meg- egyező a TNT-vel.

Köznapi megnevezés (kémiiai név)	Vegyí összetétel	Szín	Vízfelvívó képesség (higroszkóposság)	Érzékenység			Olvaspont [°C]	Detonációsebesség [m/s]	Brizancia		Reagálás fémekre	Stabilitás
				Ütés ~ inch cm	Dörzs ~+ [%]	Hő ~+++ [°C]			Sand-teszt [gramm]	Zúzási teszt ++++ [TNT]		
<b>Katonai dinamitok</b>												
Közepes hatóerejű katonai dinamit.	Hexogén: 75%, TNT: 15%, Kéményítő: 5%	Bar-nássárga.	nem higroszkópikus	$\frac{18}{46}$	-	-	$\rho = 1,1 \text{ g/cm}^3 = 6400$	52,6	-	Nem reagál.	Stabil 160°C-on több mint egy hónapig.	
Alacsony hatóerejű katonai dinamit.	Színezett hexogén: * 17,5%, TNT: 67,8%, Tripentaerit-ritol: 8,6%, Binder:** 4,1%, Cellulóz-acetát: 2%	Rózsaszín.	nem higroszkópikus	$\frac{22}{56}$	-	elég 480 °C-on	$\rho = 0,9 \text{ g/cm}^3 = 4397$	40,5	-	Nem reagál.	Stabil 160°C-on több mint egy hónapig.	

\* 96% 1-MA (1 metilaminoantraquin) és 0,5% hexogén keveréke a festékanyag.

\*\* A binder polibuten és dioctilsebacate keveréke.

Köznapi megnevezés (kémiiai név)	Vegyí összetétel	Szín	Vízfelvevő képesség (higroszkóposság)	Érzékenység			Olvadáspont [°C]	Detonációsebesség [m/s]	Brizancia		Felhasználás	Reagálás fémekre	Stabilitás
				Ütés ~ inch/cm	Dörzs ~+ [%]	Hő ~+ [°C]			Sand-teszt [gramm]	Zúzási – teszt [TNT]			
<b>Hajtótöltetek magas hatóerejű robbanóanyagai</b>													
Nitroglicerín	$C_3H_5N_3O_9$ C: 15,9% H: 2,2% N: 18,5% O: 63,4%	Szín-telen folyadék.	nem higroszkópikus	1 2,54	100	222	$v_0 = 1,6 \text{ g/cm}^3 = 7700$	58,7	–	1. Hajtótöltet alap- anyaga. 2. Inari dinamitok alapanyaga. 3. Szivgyógyszerek alapanyaga.	Semmilyen korróziós elváltozást nem okoz a fémekkel.	50 °C alatt teljesen stabil; a hőmérséklet növekedésével arányosan csökken a stabilitása, 100 °C-tól pedig, a legtöbb esetben robbanásba megy át.	
Nitroguanidin (pikrát)	$CH_4N_4O_2$ C: 11,3% H: 3,9% N: 53,8% O: 30,8%	Fehér por.	nem higroszkópikus	26 66	0	275	$v_0 = 1,55 \text{ g/cm}^3 = 7650$	36,8	–	1. Hajtótöltet alap- anyaga.	Semmilyen korróziós elváltozást nem okoz a fémekkel.	Nagyon stabil.	
Nitrocellulóz A: pirocellulóz; B: lőgyapot (cellulóz-trinitrát); C: A és B keveréke; D: piroxilín	$12,6 \pm 0,1$ 1% N 13% N 13,15–13,25 $\pm 0,05\% \text{ N}$ 8–12% N	–	némileg higroszkópikus	–	–	170 230	a B fokozat 7300	45–52,3, hasonló a TNT-hez.	–	1. Hajtótöltetek alapvető alap- anyaga.	–	Az összes katonai robbanóanyag közül a legkevésbé stabil.	

Megjegyzés

+++ Az elpuffanási hőmérséklet (5 sec-ig tartó hőmérsékleten).

+++ 100% a TNT zúzási hatása a hűvelében.

\* 2 kg ejtő súly esetén az az ejtési magasság, amelynél a robbanóanyag robbanása még nem következik be.

++ Egy álló és egy mozgó felület közé helyezve a robbanóanyagot dörzsölik; 10 kísértetből a bekövetkező robbanás százalékos aránya.



**A Magyarországon gyártott és forgalmazott emulziós robbanóanyagok főbb adatai<sup>873</sup>**

Robbanóanyag	Sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )	Detonáció- sebesség (m/s)	Fajlagos gáztérfogat (l/kg)	Oxigén- egyenleg (%)	Kritikus átmérő (mm)	Robba- náshő (kJ/kg)	Hőmér- séklet (°C)	Tárolás (hónap)
ANDO-V-100 <sup>1</sup>	1,28	5000	1021	-0,645	32	3280	-25 – +70	12
ANDO-ÉV <sup>2</sup>	1,15	5000	1021	-0,645	32	3280	-25 – +70	12
Emulgit Emex AN <sup>3</sup>	1,2	4700	1011	-3,5	50	3040	0 – +50	12
Emulgit 82GP <sup>4</sup>	1,2	3700	909	-1,6	40	3502	0 – +50	6
Emulgit LWC <sup>5</sup>	1,15	4300	877	-1,7	25	3385	0 – +50	12
EMSIT 1 <sup>6</sup>	1,05	5200	800	+0,5	30	2800	-10 – +40	12
EMSIT M <sup>7</sup>	1,09	5100	800	+0,5	30	2800	-10 – +40	12
LAMBREX 1 <sup>8</sup>	1,2	5500	910	+2,3	25	–	-10 – +40	12

<sup>1</sup> Gyutacsérzékeny, gyártó: MIKEROBB Kft. Magyarország, Miskolc.

<sup>2</sup> Gyutacsérzékeny, gyártó: MIKEROBB Kft. Magyarország, Miskolc.

<sup>3</sup> Gyutacsérzékeny, gyártó: MAXAM Magyarország Kft., Peremarton.

<sup>4</sup> Gyutacsérzékeny, gyártó: MAXAM Magyarország Kft., Peremarton.

<sup>5</sup> Gyutacsérzékeny, gyártó: MAXAM Magyarország Kft., Peremarton.

<sup>6</sup> Gyutacsérzékeny, gyártó a cseh Explosia A. S. (Pardubice-Semtín), forgalmazó: NOVEXPLO Kft. Magyarország, Tatabánya.

<sup>7</sup> Gyutacsérzékeny, gyártó a cseh Explosia A. S. (Pardubice-Semtín).

<sup>8</sup> Gyutacsérzékeny, gyártó az osztrák Austin Powder GmbH (Lambrecht), forgalmazó: NOVEXPLO Kft. Magyarország, Tatabánya.

<sup>873</sup> Készítette a szerző.

**MM Tammonit robbanóanyag és robbanótöltet**<sup>874</sup>

<b>Fsz.</b>	<b>Jellemző</b>	<b>Robbanóanyag</b>	<b>Robbanótöltet</b>
1.	Külsőalak	granulátum	henger alakú töltény
2.	Méreték, mm	max. lineáris méret 3	átmérő: 60–150, hossz: 500–1000
3.	Detonációsebesség ms <sup>-1</sup>	min. 2000	2000 – 5500 ± 200
4.	Indíthatóság	No. 8. sz. gyutacs	No. 8. sz. gyutacs
<b>Vizállóság</b>			
5.	Víznyomás, 10 <sup>5</sup> Pa	2	2
6.	Időtartam, óra	max. 8	max. 8
7.	Munkavégző képesség – Trauzl, cm <sup>3</sup>	200–550	200–550
8.	Mérgezőgáz-tartalom, 100 kg <sup>-1</sup>	max. 5,1	max. 5
<b>Tárolhatóság</b>			
9.	Hőmérséklet, °K	233–323	233–323
10.	Időtartam, év	fedett helyen 10	tábori 3
11.	Ciklikus igénybevétel száma	max. 5	max. 5

<sup>874</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*, 1996/4. szám, 20–33.

**A korábban hazai gyártású ipari robbanóanyagok jellemzői**<sup>875</sup>*Hazai gyártású, ammonsalétromos, por alakú keverék-robbanóanyagok fontosabb adatai*

A robbanóanyag neve	Mértékegység	Paxit	Paxit 3	Paxit 4	Nitrocertusit
<b>Összetétel</b>					
Ammónium-nitrát	Súly %	82,0–84,0	80,0–84,0	81,0–83,0	69,0–74,0
Nitroglicerín	Súly %	–	4,5–5,5	–	3,5–4,5
Trinitro-toluol	Súly %	–	4,0–6,0	–	4,0–5,5
Mononitro-toluol	Súly %	–	0,4–0,8	–	–
Komplex TNT	Súly %	12,0–15,0	–	15,5–17,5	–
Faliszt	Súly %	1,0–4,0	2,5–3,5	1,5–2,5	0,3–0,7
Rozsliszt	Súly %	–	2,0–3,0	–	2,0–3,0
Szénpor	Súly %	0,0–2,0	1,5–1,9	–	–
Nátriumklorid	Súly %	–	–	–	16,0–18,0
Kollódiumpyot	Súly %	–	0,0–0,1	–	0,08–0,12
Alumínium-hidrát	Súly %	–	0,0–0,1	–	0,03–0,12
Vasoxidvörös	Súly %	–	–	0,01	0,06–0,12
Víztartalom, max.	Súly %	0,5	1,0	0,5	1,0
Térfogsúly, min.	g/cm <sup>3</sup>	1,01	1,02	1,01	1,02
<b>Robbantásfizikai jellemzők</b>					
Robbanásátadó képesség, min.	cm	4	5	4	4
<i>Munkavégző képesség</i>					
Ólomhengerben, min.	cm <sup>3</sup>	350	350	360	220
Alumíniumhengerben, min.	cm <sup>3</sup>	70	85	70	50
Relatív munkavégző képesség, min.	%	–	75	–	–
Brizancia, min.	mm	14	13	16	10
Robbanási sebesség, min.	m/mp	3200	3650	3400	3000
Jótállási idő	hónap	6	6	6	6
Színjelzés		sárga	sárga	sárga	zöld

Megjegyzés:

- a) Az exportra kerülő Paxit 3 színjelzése a megrendelő kívánságára lehet piros is.  
b) A Nitrocertusitnál használt Trinitro-toluol 20%-a Mononitro-toluolt is tartalmaz.

<sup>875</sup> Hubina I. – Lukács L.: *Kőbányászat robbantással*. Főiskolai tansegédlet. Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1980. 1–6. számú mellékletek, 60–67. alapján.

## Hazai gyártású dinamit robbanóanyagok fontosabb adatai

A robbanóanyag neve	Mértékegység	NIDIN-33	NIDIN-40	NIDIN-50	NIDIN-60	NIDIN-80	NP-5
<b>Összetétel</b>							
Robbanólaj	Súly %	31,5–34,5	38,5–41,5	48,5–51,5	58,5–61,5	77,5–80,5	28,0–30,0
Dinamitgyapot (monos)	Súly %	1,1–1,9	1,6–2,4	3,0–4,0	3,4–4,6	5,5–7,5	0,5–0,9
Mononitro-toluol	Súly %	2,5–3,5	–	–	–	–	–
Ammónium-nitrát	Súly %	57,0–60,0	50,0–54,0	41,0–44,0	30,0–34,0	–	11,9–12,9
Nátrium-nitrát	Súly %	–	–	–	–	9,5–12,5	–
Dinamit-glicerín	Súly %	0,8–1,6	–	–	–	–	–
Faliszt	Súly %	1,5–2,5	3,5–5,2	2,5–3,5	2,8–4,1	1,3–2,7	0,2–0,6
Dibutil-ftalát	Súly %	–	0,8–1,6	–	–	–	–
Vasoxidvörös	Súly %	0,1–0,4	0,1–0,4	0,1–0,4	0,1–0,4	0,1–0,4	–
Nitropenta	Súly %	–	–	–	–	–	7,8–8,6
Nárium-klorid	Súly %	–	–	–	–	–	48,0–50,0
Magnézium-oxid	Súly %	0,1–0,4	0,1–0,4	0,1–0,4	0,1–0,4	0,1–0,4	0,2–0,6
Fenyőgyanta	Súly %	0,2–0,5	0,2–0,5	0,2–0,5	0,2–0,5	0,2–0,5	–
Viztartalom, max.	Súly %	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Térfogatsúly	g/cm <sup>3</sup>	1,38	1,43	1,46	1,48	1,50	1,45

## Hazai gyártású dinamit robbanóanyagok fontosabb adatai

A robbanóanyag neve	Mértékegység	NIDIN-33	NIDIN-40	NIDIN-50	NIDIN-60	NIDIN-80	NP-5
<b>Robbantásfizikai jellemzők</b>							
Robbanásátadó képesség, min.	cm	4	4	6	6	6	10
<i>Munkavégző képesség:</i>							
Ólomhengerben, min.	cm <sup>3</sup>	380	400	410	430	440	180
Alumíniumhengerben, min.	cm <sup>3</sup>	95	100	105	110	120	45
Relatív munkavégző képesség, min.	%	80	82	85	88	90	–
Brizancia, min.	mm	12	12	16	17	18	16
Robbanási sebesség, min.	m/mp	3500	4000	4500	4500	5000	3500
Mérgezőgáz-tartalom max.	l/kg	150	150	150	150	150	100
Jótállási idő	hónap	6	6	6	6	6	6
Színjelzés	–	vörös	vörös	vörös	vörös	vörös	kék

Megjegyzés:

a) A NIDIN-33-nál a Mononitro-toluol és a dinamitglicerín helyettesíthető etilén-glikollal is.

b) Minősítő vizsgálatnál a munkavégző képességre a megadottak közül csak az egyiket kell elvégezni és bizonylatolni.

## ANDO, Nikegranex-1, Nikegranex-2 műszaki jellemzői

Műszaki jellemzők	Mértékegység	ANDO	Nikegranex-1	Nikegranex-2
Összetétel: Ammónium-nitrát	%	94–96	94–96	88–92
Felületaktív anyag	%	–	0,03–0,08	0,03–0,08
TNT	%	–	–	4–6
Gázolaj	%	4–6	3,6–5,7	3,4–5,4
Polimetakrilát	%	–	0,2–0,4	0,19–0,3
Pigmens festék	%	–	0,006–0,008	0,006–0,008
Szín		szürkésfehér	szürkésfehér	szürkés, sárga
Víztartalom legfeljebb	%	1,2	0,6	0,6
Térfogatsúly legalább	g/cm <sup>3</sup>	0,8–1,0	0,95	0,95
Robbanásatadó képesség	cm	–	3	3–4
Munkavégző képesség legalább:				
Ólomhengerben, min.	cm <sup>3</sup>	–	210	210–300
Alumíniumhengerben, min.	cm <sup>3</sup>	–	58	58–86
Brizancia legalább (alumíniumcsőben)	mm	–	9	9–12
Robbanási sebesség	m/mp	1000	2500	2500–3000
Mérgezőgáz-tartalom legfeljebb	l/kg	400	400	400
Ütésérzékenység (nem robban)	5 kg	–	25 cm	25 cm
Indíthatóság legalább		indítóöltény	indítóöltény	indítóöltény
Töltények súlya: 30 mm-es	g	–	100	100
64 mm-es	g	–	2500	2500
80 mm-es	g	–	3000	3000
Ömlesztett anyag súlya	kg	25	25	25
Színjelzés		sárga	sárga	sárga
Jótállás	hónap	2	6	6

## Nikegran-1, Nikegran-2 műszaki jellemzői

Műszaki jellemzők	Mértékegység	Nikegran-1	Nikegran-2
Összetétel: Ammónium-nitrát	%	92–94	86–90
Nitro-cellulóz	%	0,2–0,4	0,19–0,38
Nitro-etil-benzol	%	5,7–7,7	5,2–7,4
Felületaktív anyag	%	0,03–0,08	0,02–0,07
TNT	%	–	4–6
Szín		szürkésfehér	szürkés, sárga
Víztartalom legfeljebb	%	0,8	0,8
Térfogatsúly legalább	g/cm <sup>3</sup>	0,95	0,95
Munkavégző képesség legalább:			
Ólomhengerben	cm <sup>3</sup>	200	200
Robbanási sebesség	m/mp	2000	2500
Mérgezőgáz-tartalom legfeljebb	l/kg	400	400
Ütésérzékenység (nem robban)	5 kg	43 cm	43 cm
Indíthatóság legalább		indítóöltény	indítóöltény
Töltények súlya: 30 mm-es	g	100 v. 200	100 v. 200
64 mm-es	g	1000 v. 2500	1000 v. 2500
80 mm-es	g	3000	3000
Ömlesztett anyag súlya	kg	25	25
Színjelzés		fehér	sárga
Jótállás	hónap	6	6

## NIQUA-T, NIQUA-N műszaki jellemzői

Műszaki jellemzők		Mértékegység	NIQUA-T	NIQUA-N
Összetétel:	Ammónium-nitrát	%	47–65	45–65
	Nátrium-nitrát	%	18–35	18–26
	Víz	%	10–18	10–20
	TNT	%	25–35	–
	Keményítő legfeljebb	%	6	6
	Cellulóz-nitrát	%	–	25–35
	Szín		sárga	világossárga
	Víztartalom legfeljebb	%	10–18	10–20
	Térfogatsúly legalább	g/cm <sup>3</sup>	1,3	1,3
	Munkavégző képesség legalább:			
	Ólomhengerben	cm <sup>3</sup>	100	100
	Robbanási sebesség	m/mp	2500–4000	3000–5000
	Mérgezőgáz-tartalom legfeljebb	l/kg	150	250
	Útésérzékenység (nem robban)	5 kg	25 cm	25 cm
	Vízállóság		vízálló	vízálló
	Indíthatóság		indítótöltény	indítótöltény
	Töltények súlya: 35 mm felett 40 mm-ig	g	100–500	100–500
	40 mm felett 100 mm-ig	g	500–3000	500–3000
	Ömlesztett anyag súlya	kg	25	25
	Színjelzés		sárga	sárga
	Jótállás	hónap	3	3

## NIQUA-NS, NIQUA-H műszaki jellemzői

Műszaki jellemzők		Mértékegység	NIQUA-NS	NIQUA-H
Összetétel:	Ammónium-nitrát	%	40–65	40–65
	Nátrium-nitrát	%	10–26	3–10
	Víz	%	10–20	10–20
	Keményítő legfeljebb	%	6	5
	Cellulóz-nitrát	%	35–45	–
	Hexogén	%	–	25–45
Szín			világossárga	szürkésfehér
Víztartalom legfeljebb		%	10–20	10–20
Térfogatsúly legalább		g/cm <sup>3</sup>	1,3	1,3
Robbanásátadó képesség		cm	1	–
Munkavégző képesség legalább:				
	Ólomhengerben	cm <sup>3</sup>	100	–
	Alumíniumhengerben	cm <sup>3</sup>	50	–
Brizancia legalább		mm	15	–
Robbanási sebesség		m/mp	min. 4000	3500
Mérgezőgáz-tartalom legfeljebb		l/kg	250	–
Ütésérzékenység (nem robban)		5 kg	25 cm	60 cm
Vízállóság			vízálló	vízálló
Indíthatóság			8. sz. gyutacs	8. sz. gyutacs (45% Hex. tart.) indítótöltény (20% Hex. tart.)
Töltények súlya: 35 mm felett 40 mm-ig		g	100–500	–
40 mm felett 100 mm-ig		g	500–3000	–
Ömlesztett anyag súlya		kg	25	25
Színjelzés				
Jótállás		hónap	3	6

**Az E\*-Star programozható villamos gyutacs műszaki jellemzői<sup>876</sup>**

Jellemzők	Műszaki paraméterek
Megnevezés	Elektronikusan programozható villamos gyutacs
Típus	E*-Star
Gyutacshüvely anyaga	Al
Gyutacsvezeték anyaga	Cu
Vezeték átmérője	0,8 mm
Vezeték szigetelő anyaga	HDPE (nagy szilárdságú polietilén)
Vezeték szigetelése	Dupla, 1,6 × 3,4 mm
A vezeték színe	Piros
Gyutacs talpán a jelölés	„V”
Címke/hüvely felírás	Címke: sárga a vezetéken E*-Star/vezeték hossz/CE Hüvelyen a felírás: „veszélyes, robbanóanyag, gyutacs”
Elektromos panel típusa	SDI elektronikus iniciálási modul (EIM)
Primer robbanóanyag	Préselt ólomazid
Szekunder robbanóanyag	720 mg PETN vagy RDX
Pirotechnikai késleltető elem	Nincs
Zömítés	Háromszoros
Gyutacsvezeték hossza	6 m-től 30 m-ig csévélve vagy spulnin, a vezeték végén kapcsolóval. A csomagolási módot lásd a 2. táblázatban.
Késleltetési fokozatok száma	Programozható
Késleltetési idő	Minden gyutacs 1 és 10 000 ms között programozható, 1 ms-os közökkel.
Hidraulikus nyomás	0,70 MPa/48 óra
Felhasználhatóság	Tűz- és robbanásveszélyes környezetben nem megengedett.
Hőstabilitás	-30 °C ≤ T ≤ +80 °C
Felhasználási hőmérséklet	-30 °C ≤ T ≤ +60 °C
Szavatossági idő	2 év (-30 °C ≤ T ≤ +40 °C közötti tárolás esetén)
Egyéb követelmények	EN 13763-1 szerint
Szükséges eszközök	DBM 1600-2-N robbantógép, DLG 1600-1-N vagy DLG 1600-100 logger, LM-1 gyutacsvizsgáló és ESCA-1 adapter
Veszélyességi osztály	1.4
Veszélyességi csoport	S
Veszélyességi besorolás	1.4.S
UN-szám	0456

<sup>876</sup> Földesi János: Az Austin Powder Co. E\*-star elektronikusan programozható villamos gyutacsának előnyei a gyakorlatban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 2010/1-4. összevont szám, 197–215.



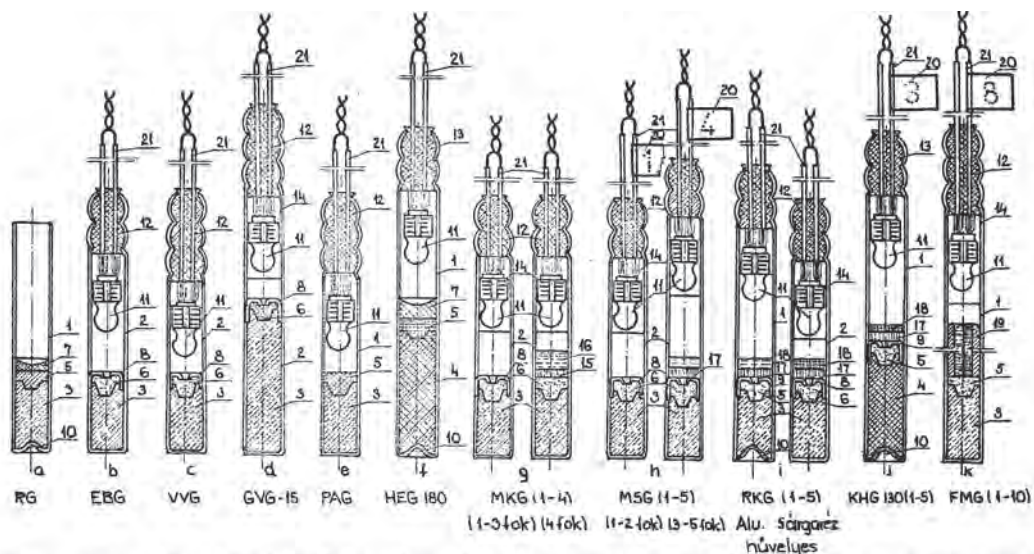
**Korábbi, hazai gyártású ipari villamos gyutacsok jellemzői<sup>877</sup>***A hazai gyártású ipari gyutacsok fontosabb adatai*

Gyutacstípus fokozata		Gyutacshüvely anyaga, hossza (mm)		Robbanótöltet súlya (g) primer, szekunder		Gyutacsvezeték színe	Dugósín
RG		Alu.	42	0,10	0,45	–	–
EBG		Réz	48	0,10	0,45	zöld–zöld	fehér
VVG		Réz	48	0,10	0,45	sárga–sárga	fehér
GVG-15		Réz	64	0,10	1,00	fekete–fekete	fehér
PAG		Alu.	48	0,10	0,50	piros–piros	fehér
HEG 180		Alu.	60	0,10	0,60 (+)	fehér–fehér	fehér
MKG	1. fok.	Réz	48	0,10	0,45	zöld–fehér	sárga
	2. fok.	Réz	48	0,10	0,45	zöld–sárga	sárga
	3. fok.	Réz	48	0,10	0,45	zöld–piros	sárga
	4. fok.	Réz	48	0,10	0,45	zöld–kék	sárga
MSG	1. fok.	Réz	48	0,10	0,45	fehér–sárga (fokozatjelzés piros színű számtáblával)	piros
	2. fok.	Réz	48	0,10	0,45		piros
	3. fok.	Réz	48	0,10	0,45		piros
	4. fok.	Réz	54	0,10	0,45		piros
	5. fok.	Réz	64	0,10	0,45		piros
RKG	1. fok.	Alu. v. Réz	54–48	0,10	0,45	rózsaszín–fehér	kék
	2. fok.	Alu. v. Réz	54–48	0,10	0,45	rózsaszín–sárga	kék
	3. fok.	Alu. v. Réz	54–48	0,10	0,45	rózsaszín–piros	kék
	4. fok.	Alu. v. Réz	54–48	0,10	0,45	rózsaszín–kék	kék
	5. fok.	Alu. v. Réz	54–48	0,10	0,45	rózsaszín–fekete	kék
KHG	1. fok.	Alu.	60	0,10	0,60 (+)	fehér–fehér (fokozatjelzés fehér színű számtáblával)	fehér
	2. fok.	Alu.	60	0,10	0,60 (+)		fehér
	3. fok.	Alu.	60	0,10	0,60 (+)		fehér
	4. fok.	Alu.	60	0,10	0,60 (+)		fehér
	5. fok.	Alu.	60	0,10	0,60 (+)		fehér
FMG	1. fok.	Alu.	56	0,10	0,50	sárga–piros (fokozatjelzés sárga színű számtáblával)	fehér
	2. fok.	Alu.	56	0,10	0,50		fehér
	3. fok.	Alu.	60	0,10	0,50		fehér
	4. fok.	Alu.	63	0,10	0,50		fehér
	5. fok.	Alu.	65	0,10	0,50		fehér
	6. fok.	Alu.	67	0,10	0,50		fehér
	7. fok.	Alu.	70	0,10	0,50		fehér
	8. fok.	Alu.	74	0,10	0,50		fehér
	9. fok.	Alu.	77	0,10	0,50		fehér
	10. fok.	Alu.	82	0,10	0,50		fehér

<sup>877</sup> Hubina I. – Lukács L.: *Kőbányászat robbantással*. Főiskolai tansegédlet. Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1980. 7. és 11. számú mellékletek, 68., 72.; Lukács László: *A katonai robbantástechnika és a környezetvédelem*. Egyetemi jegyzet. ZMNE Hadtudományi Kar, Műszaki harcászati-hadműveleti tanszék, Budapest, 1997, 14. sz. táblázat alapján.

## A hazai gyártású ipari gyutacsok fontosabb adatai

Gyutacstípus fokozata		Zúzás módja	Robbanási összidő (ms), névleges szélsőérték		Speciális követelmény
RG		–	–	–	Gyújtózsínórral indítható.
EBG		kettes	–	3–18	Sújtólég biztos.
VVG		hármás	–	3–18	Víznyomásálló 15 atm., 1 óra.
GVG-15		hármás	3	1–5	Geofizikai, víznyomásálló: 15 atm., 36 óra.
PAG		hármás	–	3–18	
HEG 180		hármás	–	30–90	Hőálló: 180 °C-ig 2 óra.
MKG	1. fok.	kettes	9	3–9	Sújtólégbiztos, késleltetett.
	2. fok.	kettes	15	10–15	Sújtólégbiztos, késleltetett.
	3. fok.	kettes	24	16–27	Sújtólégbiztos, késleltetett.
	4. fok.	kettes	38	28–42	Sújtólégbiztos, késleltetett.
MSG	1. fok.	kettes	12	5–13	Ezredmásodperces késleltetéssel.
	2. fok.	kettes	25	16–28	Ezredmásodperces késleltetéssel.
	3. fok.	kettes	50	42–58	Ezredmásodperces késleltetéssel.
	4. fok.	kettes	75	65–85	Ezredmásodperces késleltetéssel.
	5. fok.	kettes	105	93–117	Ezredmásodperces késleltetéssel.
RKG	1. fok.	kettes	50	30–90	Rövid késleltetésű.
	2. fok.	kettes	150	120–200	Rövid késleltetésű.
	3. fok.	kettes	300	260–370	Rövid késleltetésű.
	4. fok.	kettes	500	450–580	Rövid késleltetésű.
	5. fok.	kettes	750	68–930	Rövid késleltetésű.
KHG	1. fok.	kettes	15	10–25	Késleltetett hőálló: 130 °C-ig 24 óra.
	2. fok.	kettes	50	30–90	Késleltetett hőálló: 130 °C
	3. fok.	kettes	150	110–210	Késleltetett hőálló: 130 °C
	4. fok.	kettes	300	240–390	Késleltetett hőálló: 130 °C
	5. fok.	kettes	600	440–900	Késleltetett hőálló: 130 °C
FMG	1. fok.	hármás	500	300–700	Fél másodperces időzítésközü.
	2. fok.	hármás	1000	800–1200	Fél másodperces időzítésközü.
	3. fok.	hármás	1500	1300–1700	Fél másodperces időzítésközü.
	4. fok.	hármás	2000	1800–2200	Fél másodperces időzítésközü.
	5. fok.	hármás	2500	2300–2700	Fél másodperces időzítésközü.
	6. fok.	hármás	3000	2800–3250	Fél másodperces időzítésközü.
	7. fok.	hármás	3500	3300–3750	Fél másodperces időzítésközü.
	8. fok.	hármás	4000	3800–4250	Fél másodperces időzítésközü.
	9. fok.	hármás	4500	4300–4750	Fél másodperces időzítésközü.
	10. fok.	hármás	5000	4800–5300	Fél másodperces időzítésközü.



1- aluminium hüvely; 2- sárgaréz hüvely; 3- nitropenta; 4- hexogén; 5- ólomazidos gyutacseleg; 6- ólomazidos gyutacseleg /népszázképződést gátló adalékkal/; 7- piroelegg; 8- sárgaréz kupak; 9- aluminium kupak; 10- kumulatív kup; 11- izzógyújtófej; /gyutacsatípustól függően/; 12- PVC-záródugó /típustól függő színben/; 13- szilikon dugó; 14- PVC-védőcső; 15- közvetítőelegg; 16- sújtólégbiztos késleltetőelegg; 17- késleltetőelegg /típustól függően eltérő/; 18- indítóelegg /típustól függően eltérő/; 19- késleltetőbetét; 20- fokozatjelző számtábla /típustól függő színű/; 21- gyutacsvezeték /típustól függő anyagi és szigetelésű/

## A Rotech Kft. által gyártott villamos gyutacsok

Új típusok (fokozatszám és névleges időzítés, ms)		Gyártott régi típusok (fokozatszám és névleges időzítés, ms)									
MBG (1-18) és MBG-Én (1-18)		PAG és PAG-Én		MBG (1-12) és MBG-Én (1-12)		MSG (1-5) és MSG-Én (1-5)		RKG (1-5) és RKG-Én (1-5)		FMG (1-12) és FMG-Én (1-12)	
1.	6 (3-9)	1110,5 (3-18)		1.	6 (3-9)	1.	12	-	-	-	-
2.	20	1110,5 (3-18)		2.	20	2.	25	1.	50	-	-
3.	40	1110,5 (3-18)		3.	40	3.	50	-	-	-	-
4.	60	1110,5 (3-18)		4.	60	4.	75	-	-	-	-
5.	80	1110,5 (3-18)		5.	80	-	-	-	-	-	-
6.	106	1110,5 (3-18)		6.	105	5.	105	-	-	-	-
7.	135	1110,5 (3-18)		7.	135	-	-	2.	150	-	-
8.	170	1110,5 (3-18)		8.	170	-	-	-	-	-	-
9.	215	1110,5 (3-18)		9.	215	-	-	-	-	-	-
10.	260	1110,5 (3-18)		10.	260	-	-	3.	300	-	-
11.	320	1110,5 (3-18)		11.	320	-	-	-	-	-	-
12.	400	1110,5 (3-18)		12.	400	-	-	-	-	-	-
13.	500	1110,5 (3-18)		-	-	-	-	4.	500	1.	500
14.	650	1110,5 (3-18)		-	-	-	-	5.	750	-	-
15.	800	1110,5 (3-18)		-	-	-	-	-	-	-	-
16.	1000	1110,5 (3-18)		-	-	-	-	-	-	2.	1000
17.	1250	1110,5 (3-18)		-	-	-	-	-	-	-	-
18.	1500	1110,5 (3-18)		-	-	-	-	-	-	3.	1500
FBG (1-12) és FBG-Én (1-12)		PAG és PAG-Én		MBG (1-12) és MBG-Én (1-12)		MSG (1-5) és MSG-Én (1-5)		RKG (1-5) és RKG-Én (1-5)		FMG (1-12) és FMG-Én (1-12)	
1.	1750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	2000	-	-	-	-	-	-	-	-	4.	2000
3.	2250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	2500	-	-	-	-	-	-	-	-	5.	2500
5.	2750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.	3000	-	-	-	-	-	-	-	-	6.	3000
7.	3500	-	-	-	-	-	-	-	-	7.	3500
8.	4000	-	-	-	-	-	-	-	-	8.	4000
9.	4500	-	-	-	-	-	-	-	-	9.	4500
10.	5000	-	-	-	-	-	-	-	-	10.	5000
11.	5500	-	-	-	-	-	-	-	-	11.	5500
12.	6000	-	-	-	-	-	-	-	-	12.	6000

### Élőfák kidöntése és útzáró fatorlaszok létesítése robbantással, 1950<sup>878</sup>

„A döntött fatorlaszokhoz rendszerint fűrészszel vágjuk ki a fákat. Úttorlaszok készítésénél ezt a módot már csak akkor használhatjuk, ha a saját csapataink nem használják az utat és így azt idejében lezárhatjuk. A tapasztalat azonban azt mutatja, hogy háborúban rendszerint csak az ellenség megjelenése előtt, az utolsó pillanatban lehet az utakat lezárni. Ilyenkor a robbantás a legalkalmasabb mód a fák kidöntésére, mert lehetővé teszi, hogy az idejében előkészített robbantást az utolsó pillanatban hajtsuk végre.

A fák meghatározott irányba való döntését úgy érjük el, hogy a töltetet a fának arra az oldalára szereljük fel, amerre a fát dönteni akarjuk. A torlaszokat készítő osztag parancsnoka szervezze meg a robbanóanyagok és gyújtószerkezet vételezését, valamint egyidejűleg küldjön ki szemrevételezőket, akik megállapítják a torlasz helyét. Torlaszok létesítésére olyan helyeket kell kiválasztani, ahol a fák az úthoz közel vannak, az erdő elég sűrű, a fák vastagsága megnehezíti a torlasz szétbontását és főképpen: ahol nehéz kerülőutat találni, vagy kiépíteni.

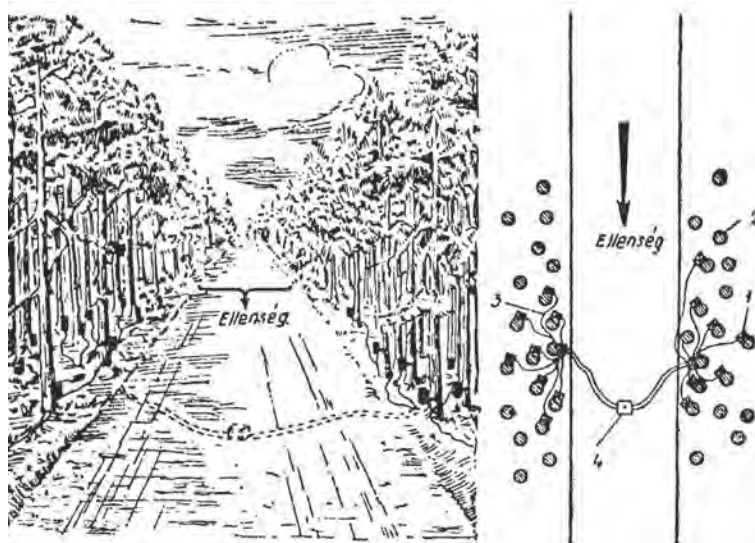
A robbantó osztag két részre oszlik (a szemrevételező csoporton kívül): az egyik részleg készíti a tölteteket, a másik előkészíti a durranózsínór gyújtóvezetékét és összeszereli a gyutacsokkal (villamos gyújtásnál előkészíti a villamos gyutacsokat és a gyújtóhálózatot).

Az egyes töltetek nagyságát az osztagparancsnok határozza meg, a torlasz helyén lévő fák közepes átmérője alapján. A durranózsínór vezetékdarabokat különböző (5-től 20–25 méterig) hosszúságúra vágjuk le (számítva az erdő sűrűségére). A rövid vezetékdarabokat, ha kell, össze is köthetjük.

Az osztag parancsnoka jelölje ki a kidöntendő fákat és azt, hogy melyik oldalukra kell a töltetet felszerelni (lásd ábra). Ehhez a fák oldalát fejszével megjelöli úgy számítva, hogy az út két oldalán lévő fák esés közben össze ne akadjanak és koronájukkal az ellenség felé szögben essenek az útra. Az osztag parancsnokát két, fejszével felszerelt honvéd követi, ezek a töltetek helyén a fákat 1 m magasságban megfaragják. Robbantás után ugyanis a megmaradt törzsek harcocsai akadályt kell, hogy képezzenek.

Ezután az első részleg felszereli a fákra a tölteteket, a második részleg kifekteti a durranózsínór-, vagy a villamos gyújtóhálózatot. Az osztag parancsnoka ezenkívül kijelöli azt a fát, amelyre a gyújtó töltet kerül: ehhez a töltethez köti a második részleg a többi töltethez vezető durranózsínórok végeit. Az úton keresztül vezetett durranózsínór védelmére ássunk árkot és temessük be földdel, nehogy az átvonuló csapatok megsértsék.

Ha a durranózsínór megvédésére az úton lévő nagy forgalom miatt a fenti módszert nem alkalmazhatjuk, akkor az út mindkét oldalán levő kidöntéshez szerelt facsoporttól 1–1 gyújtóvezetékét készítünk elő, és ezt a két durranózsínór vezetékét csak a robbantáskor kötjük a gyújtó töltethez, amelyet akkor az útra helyezünk.



Töltetek elhelyezésének rendszere útzáró fatorlasz robbantással való készítésekor

1: töltetek; 2: fák; 3: durranózsínór; 4: gyújtótöltet

<sup>878</sup> *Robbantási segédlet*. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950, 108–110.

A gyutacsokat a töltetekbe előre ne helyezzük be, hanem úgy rögzítsük, hogy a robbantáskor gyorsan behelyezhessük. A felszabadult szemrevételezőket az ellenség figyelésére állítsuk be.

A munka őrzését és biztosítását vagy a robbantó osztagból kijelölt utászok látják el, vagy – nagyobb munkáknál – külön egységeket rendelnek ki erre a szolgálatra. A figyelőhelyeket (különösen az előretoltat) olyan helyen válasszuk, ahonnan jól meg lehet figyelni saját csapataink elvonulását és az ellenség megjelenését.

A robbantó osztag parancsnoka vegye fel az összeköttetést az utolsó elvonuló rész parancsnokával, akitől a robbantási parancsot fogja kapni. Ha az összeköttetést nem lehet megteremteni, akkor a robbantásra a műszaki egység parancsnoka ad parancsot, vagy a robbantó osztag parancsnoka rendeli el saját elhatározásából, amikor az ellenség megjelenik. A figyelőkkel való összeköttetés megbízható legyen, legjobb a látó összeköttetés. A jeleket az egész robbantó osztag ismerje.

Ha a figyelő jelzi az ellenség megjelenését, a robbantó osztag parancsnoka adjon parancsot a gyutacsoknak a töltetbe való behelyezésére, és az utolsó elvonuló saját csapatrészt parancsnokának parancsára (vagy az ellenség közeledtére) hajtsa végre a robbantást.”

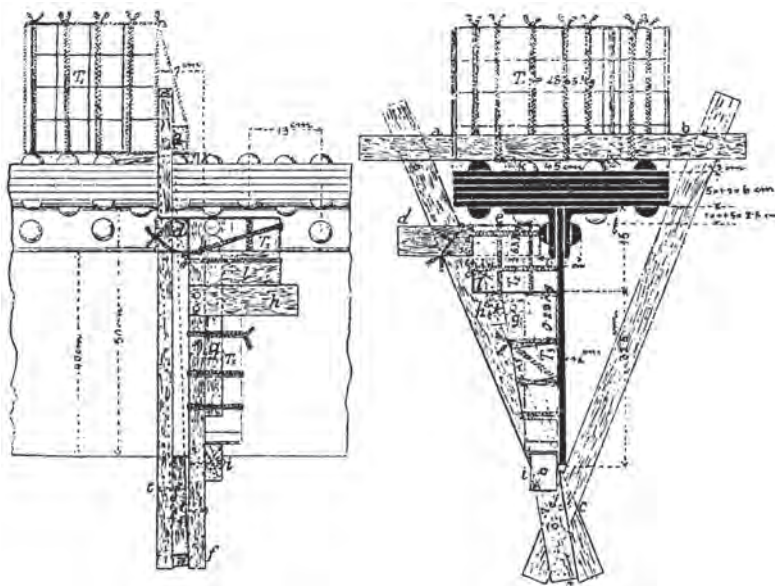
Táblázat a műszaki ezred tuskóirtó robbantásairól a Margit-szigeten, 1903<sup>879</sup>

A fatuskó		A lyukak			összes töltés g.	H a t á s	J e g y z e t
magasága méterekben	átmérője méterekben	száma	összes hossza méter	készítési- időnek ideje perc			
1.896	1.42	5	1.89	33	600	Kisebb lerobbantott részeket kivéve a tuskó bent maradt a talajban, gyökerei erősen tartották.	A lyukakat vékony fába kellett fúrni, mert a fatuskók 1.3 m. mélységig és a felső átmérőnek 1.0 illetve 0.5 m.-éig odvasak voltak és a földdel erősen összenőttek.
	1.03	4	0.74	?	245	A robbanás hatása kielégítő volt, mert a tuskót fejszével már szét lehetett hasogatni.	A kis aknákat földbe fúrták.
1.896	1.89	8	4.42	?	980	A lövések mind kistűstörögtek.	A törzs repedezett volt; a gyökerek összenöve a talajjal s a lyukak nagyobbára a földben.
	1.43	4	1.95	38	700	A tuskó szállítható darabokra robbant szét.	A lyukakat fába fúrták.
2.21	1.10	3	1.80	31	580	Jól széjjel hasadt, egy darab szállíthatatlan.	A törzs kissé odvas volt. Az aknákat egészséges fába fúrták.
		1	0.39	6	120	Teljesen széjjel hasadt.	
1.10	0.63	1	0.39	6	120	A hatás kielégítő: egy darab 15 m.-re repült.	A lyuk a tengelyben.
1.10	0.59	1	0.39	6	120	A hatás kielégítő volt.	«
1.26	0.50	1	0.39	6	120	Széjjel hasadt.	«
1.89	0.63	2	1.89	9	190	A hatás nem volt kielégítő.	A törzs gyökerei egyik oldalon még nem szakadtak el.
		1	0.39	6	120	A hatás kielégítő.	
1.90	0.95	7	3.51	54	950	A töltés túlságos erős volt. Egy nagy darab a földben maradt.	A lyukak részint fában, részint földben.
		1	0.19	3	60	A hatás kielégítő.	
2.84	2.2	10	4.40	70	1365	A hatás jó, csak egy részét kellett még széthasogatni. Púratok részint fában, részint földben.	Három összenőtt fatörzs tuskója; gyökerei erősen tartják a földben.
	2.5	3	2.28	15	332	Az említett maradékot széjjel robbantották.	
4.74	1.11	7	3.52	55	1000	A hatás jó, de a kelleténél kisebb.	Három összefonódott fatörzs.
		6	2.20	35	680	A hatás még mindig tökéletlen, de a tuskó fejszével most már széthasogatható.	

<sup>879</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 286.

### Vasszerkezeti elemek robbantásának számítása és a töltetek felerősítése, 1903<sup>880</sup>

T alakú felső hídövnél a töltést akként rendezzük el, hogy az öv-keresztmetszvényre három lécből egybetákolts háromszöget erősítsünk meg (lásd az ábrán). Az egyes robbantó töltések kiszámítását legcélszerűbb lesz a következő példán bemutatni.



T alakú felső hídöv robbantása<sup>881</sup>

A fejlemezek, valamint a hozzájuk szegecselt szögvaszáraknak töltése a

$$T = 0,0063 \times s \times v^2$$

képlet alapján következő adatokból adódik ki:

$s_1$ : a fejlemez szélessége, 45 cm

$$v_1 = 5 \times 1,2 + 1,0 + 2 \times 1,5 = 10 \text{ cm}$$

$$T_1 = 0,0063 \times 45 \times 10^2 = 28,35 \text{ kg}$$

E töltést ráhelyezzük a fejlemezre, és hozzáerősítjük az a–b léchez.

A szögvas másik szárával megvastagított bordalemezrész töltését a következőképpen számítjuk ki:

$s_2$ : 15 cm

$$v_2 = 2 \times 1,5 + 2 \times 1,0 + 1,2 = 6,2 \text{ cm}$$

$$T_2 = 3,63 \text{ kg}$$

Az egyenként kiszámított és töltényekből egybevetett töltést az 'l' lécdarab segítségével csomagba kötjük, s madzaggal ráerősítjük a d–e–f lécszög függélyes szárára, e–f-re, melyre támasztéskul rászögeljük a 'h' lécdarabot.

A  $T_2$  töltést a  $T_1$ -től 10 cm-rel oldalvást helyezük el.

A bordalemez töltése adódik a következő adatokból:

$$s_3 = 50 \text{ cm} - 1,0 \text{ cm (a szögvas vastagsága)} - 1,5 \text{ cm (a szegecsfej magassága)} - 15 \text{ cm (a töltés hossza)} = 32,5 \text{ cm}$$

$v_3 = 1,2 \text{ cm}$

$$T_3 = 32,5 \times 1,2^2 \times 0,0063 = 0,29 \text{ kg}$$

E töltést szintén a d–e–f lécszög függélyes szárára (e–f) erősítjük, s a 'g' és 'i' lécdarabokkal kellően rögzítjük. Megjegyezzük még, hogy a  $T_3$  töltés szorosan simul a  $T_2$ -höz és a bordalemezhez.

<sup>880</sup> Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Pallas Rt., Budapest, 1903, 264–265.

<sup>881</sup> *Uo.*, 197. ábra, 264.



### A talaj szilárdsági tényezőjének robbantással való megállapítása, 1928<sup>882</sup>

Földrobbantásnál ismeretes a lemérhető tölcsérsugár ( $r$ ), az ellenállási vonal ( $v$ ) és a töltet nagysága ( $T$ ).

A szilárdsági tényező ( $c$ ) értéke ezekből az adatokból kiszámítható:

Az [53]-as képletből  $c = \frac{T}{w^2}$  ekrazitnál,

illetve  $1,3 \times c = \frac{T}{w^2}$  puskapornál.

A ( $W$ ) hatósugár értéke ( $r$ ) és ( $v$ ) alapján számítható, azaz

$W = \frac{r+v}{2}$  érvényes, ha  $r < 1,5 v$

$W = \frac{r-0,75 v}{0,6}$  érvényes, ha  $r > 1,5 v$

A hatás sugarának értékét behelyettesítve a ( $c$ ) képleteibe, megkapjuk a talaj szilárdsági tényezőjének a nagyságát.

Ha több ilyen próbarobbantást végzünk (legalább hármat), az eredmények alapján ( $c$ )-re különböző, 25% eltérő értékeket nyerünk, amelyeknek számtani közepe adja a talaj szilárdsági tényezőjének jó megközelítő értékét.

Próbarobbantásokra közel derékszögű tölcséreket robbantsunk, mert a tölcsérsugár ezeknél mutatkozik legélesebben, tehát pontosabban mérhető. Az ellenállási vonalat, 'v'-t lehetőleg 2–4 méter hosszúra válasszuk.

<sup>882</sup> E.-34 (Műsz. okt. műsz.): Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. I. rész. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928, 192–193., 258–261. pontok alapján.

### A 'K' tényező értékeinek meghatározása próbarobbantással, 1950<sup>883</sup>

- a) A 38. táblázat szerint kiválasztjuk a 'K'-t, azután kiszámítjuk három töltetnek a nagyságát:  
 $h = 1,25$ ,  $H = 1,5$  és  $h = 2,0$  m esetén az  
 $C = K \times h^3 \times (0,4 + 0,6 n^3)$  [54]-es képlet szerint.
- b) Helyezzük el a tölteteket a kiszámított mélységre, és robbantsuk fel azokat.
- c) Húzzunk mindegyik töltésnél a föld felszínén két egymásra merőleges átmérőt, határozzuk meg mindegyik robbantási helyen a közepes átmérőt az alábbi képlet szerint:

$$D_{köz} = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

az (n) valóságos értékét:

$$n = \frac{D_{köz}}{2 \times h}$$

a 'K' tényező értékét:

$$K = \frac{C}{h^3 \times (0,4 + 0,6 n^3)}$$

Végül meghatározzuk mindhárom robbantás K-értékéből az adott viszonyokra pontosan alkalmazható közepes K-értéket:

$$K = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3}$$

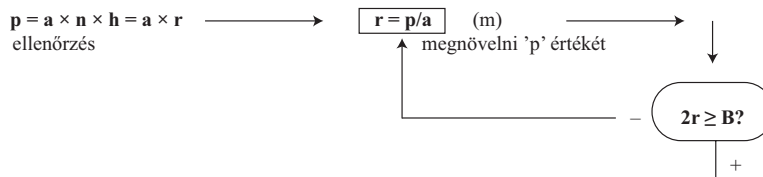
A megbízható eredmény kedvéért a robbantásokat még egyszer megismételjük.

<sup>883</sup> E.-mű. I. Ideiglenes robbantási utasítás. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950, 190. pont, 214. alapján.

## Földrobbantási feladat folyamatábrája

Kiinduló adatok	Felvesszük
<p>p: árok visszamaradó mélysége (m)            B: árok felső szélessége (m)            L: árok hosszúsága (m)            talajtényezők: K (11. tábl.)            a (139–140. oldal)</p>	<p>A töltet hatásmutatója és az attól függő tényező  <math>n\ddot{o} = 1,3 - 3,0 (2,0)^*</math> <math>\longrightarrow</math> M  <math>nny = 2,0 - 3,5 (2,7)^*</math> <math>\longrightarrow</math> <math>M_{ny}</math> } (12. tábl.)            * a legkedvezőbb értékek</p>
Számítás	

1. A rombolási sugár, a visszamaradó mélység és az (a) tényező alapján:



2. A legkisebb ellenállási vonal (esetünkben a töltet elhelyezési mélysége), a rombolási sugár és a töltet hatásmutatója alapján:

$n = r/h$   $\longrightarrow$   $h = r/n$  (m)

3. A töltet tömege:

$C = K \times M \times h_3$  (kg) vagy  $C_{ny} = K \times M_{ny} \times h^2$  (kg/fm)

4. A töltetek egymástól való távolsága

$a_n = 0,7h \times \sqrt{(n^2 + 1)}$  (m)  
 $N_{400g} = C_{ny}/0,2$  kerekítés (db)  
 $N_{sor} = N \times 0,1$  kerekítés

5. A töltetek száma:

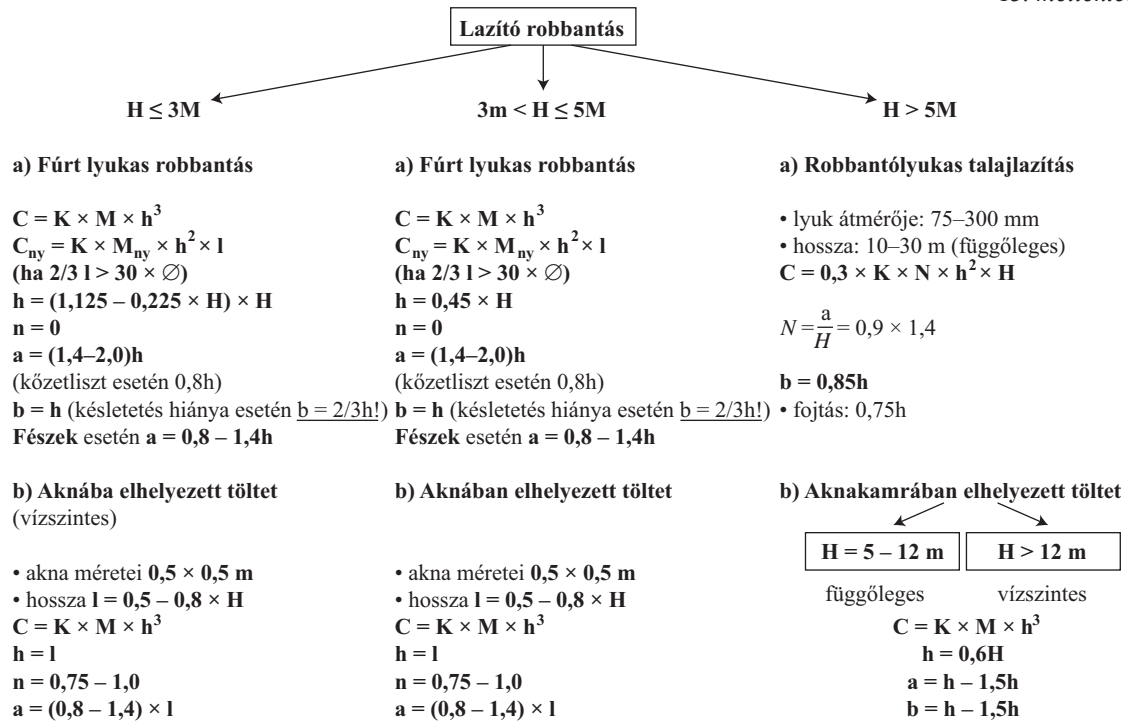
$N = L/a_n$  (db)  $\longrightarrow$   $\Sigma C_{ny} = N_{sor} \times 2,0$  (kg/fm)

6. Az összesen szükséges robbanóanyag tömege:

$\Sigma C = N \times C$  (kg)  $\longrightarrow$   $\Sigma C = \Sigma C_{ny} \times L$  (kg)

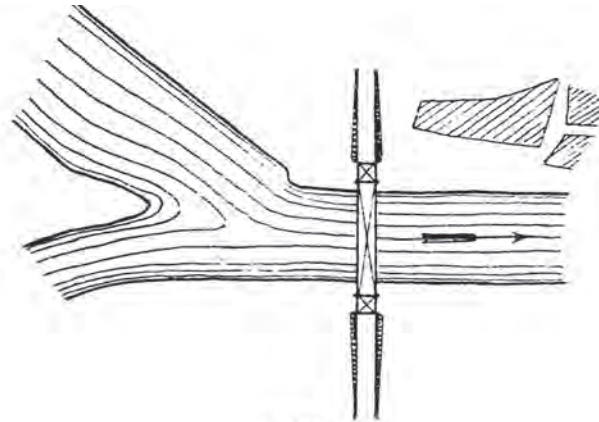
7. A talajrészec legnagyobbb repülési távolsága (biztonsági távolság):

$$L_b = 140 \Sigma n \Sigma \sqrt{h}$$



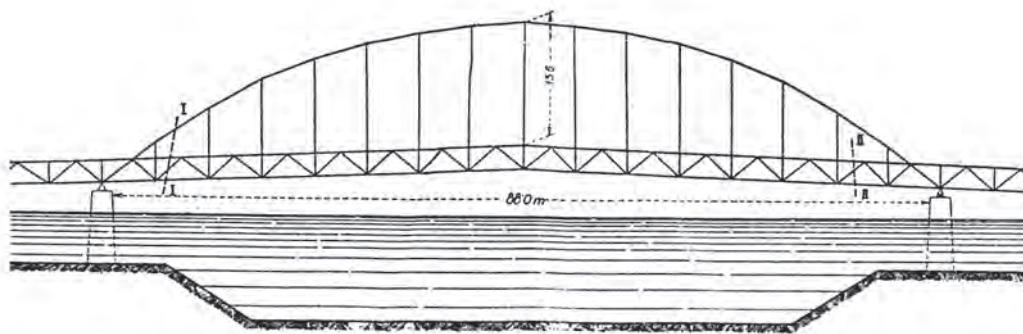
### Íves szekrénytartójú vashíd robbantási terve, 1928<sup>884</sup>

1. A híd fekvése:



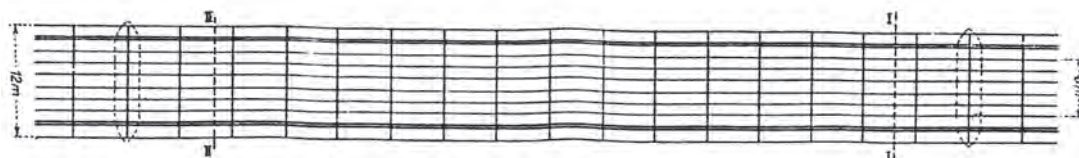
1. ábra.

2. A híd vonalas hossz-szelvénye 1:500, az I—I, II—II robbantási szelvényekkel:



2. ábra.

3. A híd vonalas alaprajza 1:500, az I—I, II—II robbantási szelvényekkel:



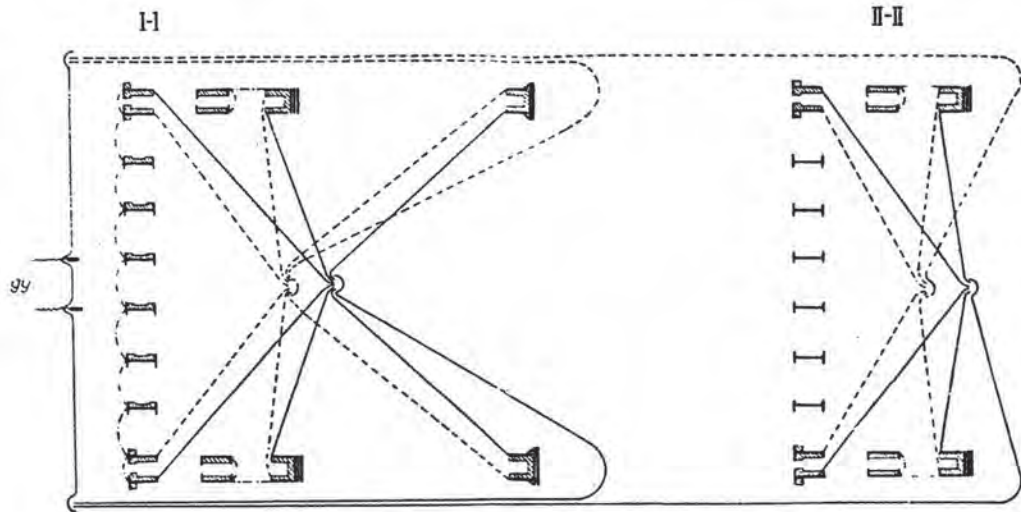
3. ábra.

<sup>884</sup> E.-34. (Műsz. okt. műsz.): Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet – Robbantások. II. rész + Mellékletek. M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928–1929, 6/e. melléklet alapján.





## 4. A gyújtóvezeték vázlatos rajza :



4. ábra.

**Megjegyzés:** a fővezeték neve: durranó gyújtószinór,  
 a fővezeték hossza: 244·0 m,  
 a tartalékvezeték neve: durranó gyújtószinór,  
 a tartalékvezeték hossza: 244·0 m,  
 a gyújtóhely megjelölése: a robb. szelvénytől 10 m-re.



Példa vashíd robbantásának megszervezésére, 1950<sup>885</sup>

A mezőkön 4 robbantási keresztmetszet, keresztmetszetenként 10 töltettel 40 db.  
A pillérekben 3x3 töltet 9 db.  
Összesen: 49 db.

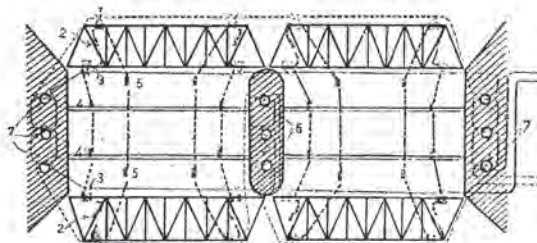
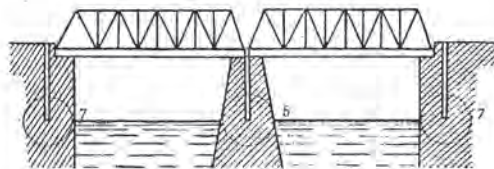
Villamos gyújtással kell gyújtani, pillérenként 3-3 pontban; (9 darab gyutacs) a hídmezőkön minden robbantási keresztmetszetben 2 pontban, (8 villamos gyutacs), amihez összesen 17 villamosgyutacs kell.

A fő villamos gyújtóvezeték az alsó övön fog menni, a tartalék pedig a felső övön. A felső (jobb-odali) gyújtóvezeték jobbról halad át a pillérekben lévő töltetekre és áthalad az alsó öv töltetein; a tartalék (baloldali) gyújtóvezeték balról halad át a pillérekben lévő töltetekre, majd áthalad a felső öv töltetein.

A vezetékek összezavarásának elkerülése végett a tartalék villamos gyújtó hálózatot nem fektetjük ki addig, amíg a fő hálózatba nem kötötték be az összes villamos gyutacsokat és amíg nem szigetelték az összekötéseket, valamint nem rögzítették az egész hálózatot.

A villamos gyújtású tölteteket a többi töltettel durranózsínórral kötik össze. Ez a durranó gyújtóvezeték feltétlenül önmagába visszatérő zárt kört alkotson.

A parancsnok terve a 202. ábrán látható vázlaton van feltüntetve.

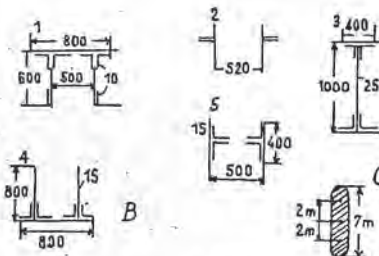
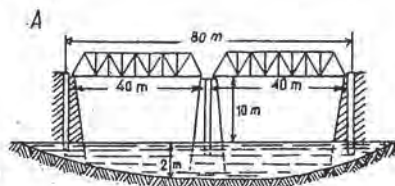


202. sz. ábra. Vashíd gyújtásának vázlatja.  
A. hosszmetset, B. felülnézet. (tartószervezet leforgatva). Piros. 1. Fő villamos gyújtóhálózat, Piros. 01. tartalék villamos gyújtóhálózat, zöld. durranó gyújtóhálózat. 1-7 töltetek.

## A munka sorrendje.

A fenti adatok birtokában a rombolással megbízott szakasparancsnok elhatározza, hogy a hídát mezőnként 2-2 keresztmetszetben robbantja, továbbá, hogy a pilléret felrobbantja.

Vegyes gyújtási módszerrel robbant; a töltetek átlagos száma:



\* Vashíd vázlatja.

A. hosszmetset, B. a vaszerkezet részlet, C. a pillér felülnézete.  
1. felső öv, 2. oszlopok, 3. hosszirányú, 4. alsó öv, 5. ferde rácsok (mérték milliméterben).

## PÉLDA.

## VASHID ROBBANTÁSÁNAK MEGSZERVEZÉSÉRE.

A hadsereg törzstől 1949. II. 16-án 7.00 h-kor kapott parancs alapján 1949. II. 20-án 7.00 h-ra a Szőlőskert községnél a Feketepatakon átvezető kétmezős vasúti hidat romboláshoz elő kell készíteni. A robbantásra a parancsot Kovács vezérőrnagy adja.

A felderítő járőr parancsnok a következő jelentést küldte:

2. sz. fejőr.

Szőlőskert vasúti híd 1950. IV. 10. 10.00.

Fekete János szds. bts.-nak.

Térkép Péterfalva 1:7500. 1949.

A híd a Feketepatakon vezet át Szőlőskertnél, Szőlőskert és Téglás állomások között fekszik. Egy vágányos, normál nyomtávú, alsópályás.

1. A híd hossza 80 méter. A síntéjek magassága a vízszíne felett 11 méter.

2. A híd 2 mezős, a mezők hossza 40-40 m. Aljazatai 3 köppillér, (2 parti, 1 közbeeső). Vastagságuk 2 méter, hosszúságuk 7 méter, a vízszint feletti magasságuk 10 méter. Minden pillérben van 3-3, 0,30 m átmérőjű és 11 méter mély aknacső. Minden csőben van egy fém töltelédény és gömbfák (fojtáshoz).

3. A folyó legnagyobb mélysége 2 méter. A víz sebessége 1 m/mp.

4. A felépítmény és a pillérek szerkezetét lásd a csatolt vázlaton.

5. Gázlók, más hidak és átkelőhelyek a közelben nincsenek.

6. A hídnál 5 csónak van, egyenként 7-8 ember részére. Lefoglaltam őket. A hídtól 8-9 kilométerre (Szálkás községnél) a lakosság bevallása szerint még kb. 20 ilyen csónak van.

7. A saját oldalán 8 m magas és 800 m-es sugárral kanyarodó töltésen vezet a vasút a hídroz. 300 méterre a hídtól van egy vasúti őrház, amely gyújtóhely céljára alkalmas.

1 db. melléklet (vázlat).

Török István alhdgy.

<sup>885</sup> E.-mű. I. Ideiglenes robbantási utasítás. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950, 4. melléklet, 318-327. alapján.

**Robbanóanyag és gyújtószer számvetés a Szőlőskert községnél a Feketopatakon átvezető vasúti híd rombolásához.**

(Töltet számítás: szelencesorok n áttendő vastagság szerint.)

Töltetek számozása mellékelt vázlat szerint (202. ábra)	A híd részeinek megnevezése	Az áttendő részek méretei kikerekítve, cm-ben és számítási adatok	Kis trotil szelence sorok száma és az egy sorban lévő szelencék száma	A hídmező egy keresztmetszetének, vagy egy pillér összes szükséglete					
				töltet nagy-ságt nagy trotil szelencében	töltet (db)	nagy trotil szelence (db)	Ryutacs (db)	villamos gyutas (db)	durranó zsínór (m)
1.	A. Tartó szerkezet Felső ív	$80 \times 2$ $(60 \times 2)2$	$8 \times 2 = 16$ $8 \times 2 = 16$ $6 \times 2)2 = 24$ $4 \times 2 = 8$						
2.	Ferde rács-rúd	Összesen $(40 \times 2)2$	64 $(4 \times 2)2 = 16$ $8 \times 2 = 16$	32	2	64	4	2	—
3.	Alsó ív	Összesen $(60 \times 2)2$ $80 \times 2$	32 $(6 \times 2)2 = 24$ $8 \times 2 = 16$ $8 \times 2 = 16$	16	2	32	6	—	—
		Összesen	56	28	2	56	4	2	—

4.	Hossztartó (sín alatti)	$40 \times 2$ $100 \times 3$ $40 \times 2$	$4 \times 2 = 8$ $8 \times 1 = 8$ $10 \times 3 = 30$ $8 \times 1 = 8$ $4 \times 2 = 8$						
5.	Szélrács	Összesen	62 8	31 4	2 2	62 8	4 4	— —	— —
		Összesen a mező egy keresztmetszetére	—	—	10	222	22	4	50
		Összesen a híd 4 keresztmetszetére 25% tartalék	—	—	40	838	88	16	200
		Összesen a híd egész tartószerkezetére	—	—	40	1110	110	20	250
6.	B. Pillérek közbeeső pillérek	R = 1.0 $\alpha, \beta = 6.5$ C = 6.5 kg	—	17	3	51	—	6	—
7.	Parti pillér	Összesen 1 közbeeső pillérre R = 1.0 kg $\beta, \alpha = 6.5$ C = 6.5	—	—	3	51	—	6	—

Töltetek számozása mellékelt vázlat szerint (202. ábra)	A híd részeinek megnevezése	Az átütendő részek méretei kikerekítve, cm-ben és számítási adatok	Kis trotil szelence sorok száma és az egy sorban lévő szelencék száma	A hídmező egy keresztmetszetének vagy egy pillér összes szükséglete					
				töltet nagy- sága nagy trotil szelencében	töltet (db)	nagy trotil szelence (db)	gyújtás (db)	villamos gyújtás (db)	durranó zshór (m)
		4 ilyen töltetnek kell egymástól 1,5 R távolságra lenni, vagyis összesen $6,5 \times 4 = 26$ kg. robbanóanyag de mivel összesen csak 3 eső van, mind-egyikbe $26:3 \approx 9$ kg-ot kell helyezni	—	22	3	66	—	6	—
		1 parti pillérre összesen	—	—	3	66	—	6	—
		A 2 parti pillérre összesen	—	—	6	132	—	12	—
		A híd pilléreire összesen	—	—	9	183	—	18	—
		20—25 % tartalék	—	—	—	57	—	5	—

		Összesen a híd pilléreire	—	—	9	240	—	23	—
	Tartalék töltetek	2×25,6 kg-os töltet	—	64	2	128	4	—	—
		2×16,4 kg-os töltet	—	40	2	80	4	—	—
		4× 6,4 kg-os töltet	—	16	4	64	8	—	—
		A 8 tartalék töltet összesen	—	—	8	272	16	időzített gyújtózsínór 32 m	
		Az egész hidra összesen	—	—	57	1622	126	43	250
		Időzített gyújtózsínór	—	—	—	—	—	—	32 m
		Ebből a mennyiségből ki kell adni:							
		az 1. raj parancsnokának				512	16	23	32 m*
		a 2. raj parancsnokának				444	—	—	—
		a 3. raj parancsnokának				444	—	—	—
		a 4. raj parancsnokának				—	88	16	200
		Tartalék				222	22	4	50

\* időzített gyújtózsínór.

**Segédesszközök és szerszámok számvetése a Szállóskert közszőlőnél a F. kote-patakon átmenő vasúti vashíd rombolásához.**

Folyószám	Megnevezés	Mennyiség	Ittek, mennyit
1.	Izzógyújtó gép	2	A 4. rajparancsnokának
2.	Nagy ohmorró	1	
3.	Kis ohmorró	1	
4.	Utáskábel, méterben	2500	Az 1. és a 4. rajok parancsnokának
5.	Szilárd szalag grammban	200	
6.	Daróc szövet méterben	180	Az 1., 2. és 3. rajok parancsnokainak egyenlő arányban.
7.	Zsinór, kilogrammban	2	
8.	Kötél, méterben	120	
9.	Kés, darabszám	4	Minden rajparancsnoknak.
10.	Szórófőgőz áramberék	3	1. raj 1; 4. raj 2 db.

**Munkaerő számvetés.**

Folyószám	Munka	A norma-sorszámok a 0. melléklet szerint	Befektetés	Szállóskert munkássága óra
1.	67 töltet összeállítása	38	$0 \cdot 30 \times 67$	17
2.	40 töltet felszerelése	22	$0 \cdot 60 \times 40$	20
3.	9 töltet behelyezése a pillér alacsávóiba, feljárnál	81	$3 \times 9$	18
4.	4 durranó gyújtóhálózat, mindösszük 22 gyújtással	9	$\frac{(0 \cdot 02 + 0 \cdot 08 + 0 \cdot 02) \times 22 \times 4}{0}$	21
6.	3 ugyanolyan hálózat, mindösszük 6 gyújtással	9	$\frac{(0 \cdot 02 + 0 \cdot 08 + 0 \cdot 02) \times 6 \times 3}{0}$	0.4
8.	Kétoldó villamos gyújtóhálózat, egyenként 11 villamos gyújtással, 2 fővezeték kifektetése	40 és 41	$(0 \cdot 30 \times 11 \times 2) + (0 \cdot 5 \times 2)$	7.6
Összesen				65

A töltetek, azok száma, a robbanóanyag, a segéd-eszközök és szerszámok mennyisége már úgy szerepeljen a számvetésekben, hogy meg legyen adva, ki mennyit és milyen célra kap belőlük. Ezenkívül össze kell még állítani a munkaerő számvetést.

**Munkaelosztás.**

A szakaszparancsnok szóbeli parancsa:

— 1. rajparancsnok! — készítse és szerelje be a tölteteket az aknakutakba mind a három pillérről. Az aljzatokban lévő összes tölteteket villamos gyújtással robbantjuk. A parti pillérekben a szélső töltetek — 9 kg súlyúak, az összes többi töltetek 6.5 kg-osak. Ennek a munkának a befejezése után összeállítja a tartalék tölteteket és elkészíti a tartalék szerelt gyújtásokat. Ha a saját munkáját befejezte, a 1. rajnak segít a fővezetékek kifektetésében.

— 2. rajparancsnok! — összeállítja és felszereli a túlsó mező tölteteit.

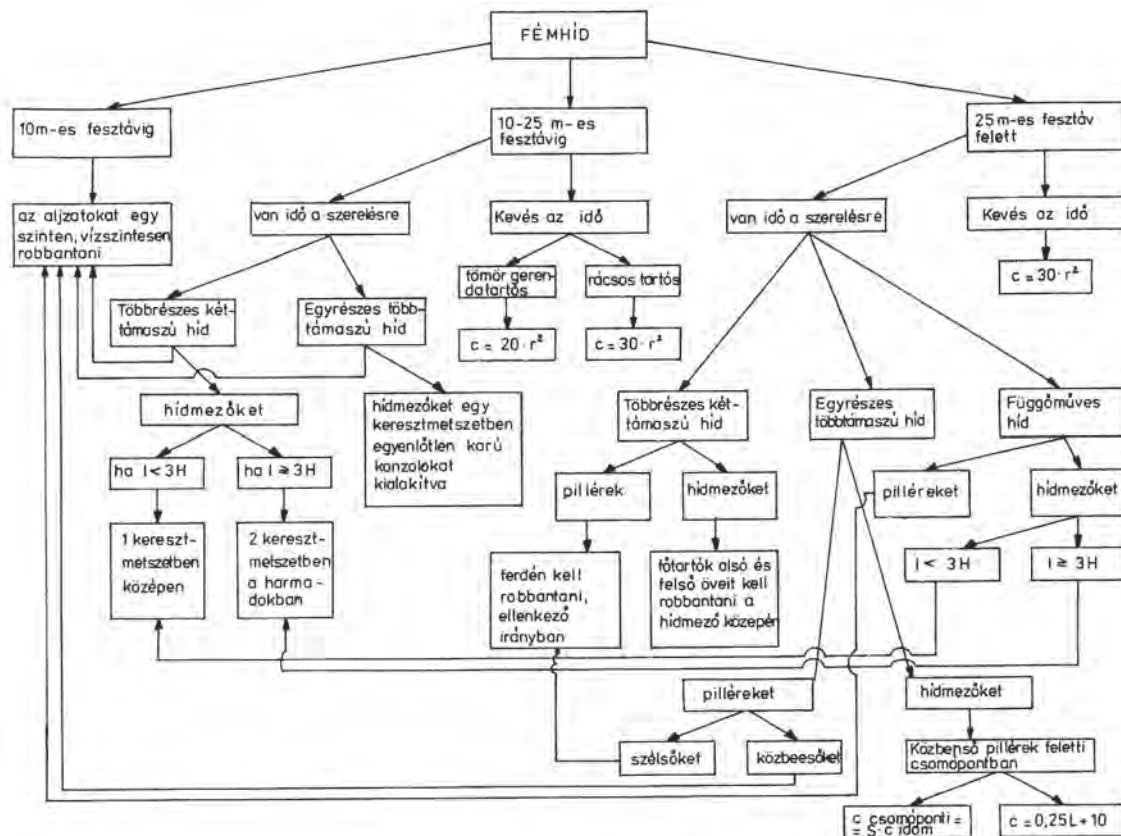
— 3. rajparancsnok! — ugyanezt hajtja végre az innenső mezőn.

4. rajparancsnok! — előkészíti a durranógyújtó hálózatot a vázlat szerint. Azután kifekteti a fő és a tartalék villamos gyújtó vezetéket két fővezetékkel.

Az anyagot az 1. raj parancsnoka adja ki.

Helyettesem — a negyedik raj parancsnoka, — Molnár tizedes bajtárs.

**Fémhidak robbantásának folyamatábrája**



Fémhíd romboláshoz történő előkészítésének számvetése és munkaszervezése, 1971<sup>886</sup>FÉMHÍD ROMBOLÁSHOZ TÖRTÉNŐ ELŐKÉSZÍTÉSÉNEK  
SZÁMVETÉSE ÉS MUNKASZERVEZÉSE

1. Feladat: A ZUHATAG folyón DÖBRENTÉ községnél átvezető híd robbantással való rombolása.

## 2. Kiinduló adatok:

— a híd köpilléreken nyugvó négymezős, rácsostartós fémhíd;

— a híd hossza 320 m, a pályaburkolat vízszint feletti magassága 11 m, a rácsostartós hidmezők magassága a középső hidmezőkben 14 m, a szélső hidmezőkben 4 m;

— a hidmezők száma —  $4(40+120+120+40)$ , a kőaljzatok száma — 5 (három középső és kettő parti pillér, ezek vastagsága 2 m, szélessége 11 m; a pillérek vízszint feletti magassága 10 m). Minden pillérben 4, egyenként 0,3 m átmérőjű és 11 m mélységű aknacső van. Valamennyi aknacsőhöz a fojtás biztosítására fatuskók állnak rendelkezésre;

— a hidmezők és aljzatok szerkezetét a mellékelt vázlatok mutatják (248. ábra);

— a folyó mélysége 2 m, vízsebessége 1 m/sec;

— gázlók, hidak és egyéb átkelőhelyek a közelben nincsenek;

— a híd közelében 5 csónak található, melyek egyenként 7–8 fő befogadására alkalmasak;

— fa és egyéb építőanyagok, amelyek a robbant híd szerkezeteinek felhasználásával alkalmasak lehetnének ideiglenes híd megépítésére a közelben nem találhatóak;

— a hídtól 200–400 m távolságra a híd megfigyelésére és a gyújtóhely elhelyezésére alkalmas 2 hely található, melyek a túlparttól nem láthatók;

— a túlparton a hídtól 600–700 m távolságra levő terepszakaszk alkalmas a híd védelmére.

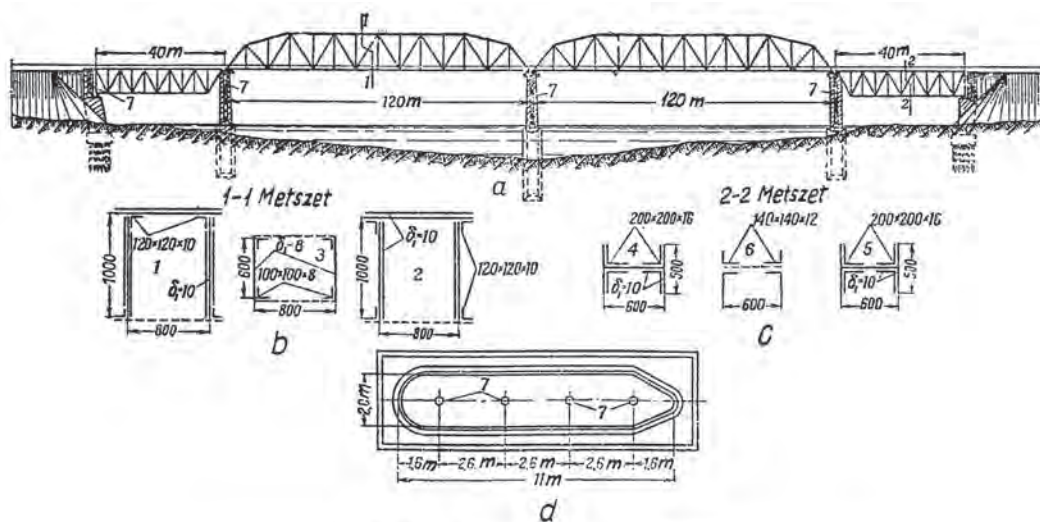
A híd romboláshoz való előkészítéséhez egy műszaki utászszakasz áll rendelkezésre.

## 3. Elhatározás:

## Robbantáshoz előkészítendő:

— a szélső mezők rácsostartói, egy keresztmetszetben;

— középső hidmezők rácsostartóinak alsó övei, övenként egy keresztmetszetben;



248. ábra. Robbantandó fémhíd vázlata;

a — hosszmetset; b — középső hidmezők elemeinek metszete; c — parti hidmezők elemeinek metszete; d — pillér alaprajza; 1 és 4 — hidmező alsó övei; 2 és 5 — hidmező felső övei; 3 és 6 — keresttartók (rácok); 7 — aknacsövek

<sup>886</sup> Mű/213. Robbantási utasítás. Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971, 8. melléklet, 390–398.

- középső hídpillérek ferde keresztmetszetben;
- parti pillérek teljes szélességben, vízszintes keresztmetszetben;
- a tölteteket kettős —egy fő és egy tartalék — villamos gyűjtőhálózattal gyűjtjük.

#### 4. A számvetés elkészítésének menete:

##### a) A híd robbantásához szükséges töltetek:

- a szélső hídmézők felső öveit, övenként egy töltettel, összesen 4 db töltettel;
- a középső hídmézők alsó öveit 2—2 db töltettel, összesen 4 db töltettel;
- a közbeeső aljzatokat 3—3 töltettel, összesen 9 db; a parti pilléreket egyenként 4 db töltettel, összesen 8 db töltettel, mindösszesen 25 db töltettel robbantjuk. A villamos gyutacsok száma azonos a töltetekével.

b) A fő villamos gyűjtőhálózat fővezetékét a töltés bal oldali részsüje mentén, a tartalék gyűjtőhálózat fővezetékét pedig a töltés jobb oldali részsüje mentén kell vezetni. A fővezetéseket 15—20 cm mélységben kell a talajba beásni. A gyűjtőhálózatok leágazó vezetékét a rácsostartó elemeinek belsejében és a pályaburkolat alatt a pilléreken kell vezetni. Azokon a szakaszokon, ahol a vezetékek szabadon futnak, szögvasakkal kell védeni a rongálódástól.

c) A villamos gyutacsokat közvetlenül a híd robbantása előtt helyezzük a töltetekbe. Ezt megelőzően a gyutacsokat a töltéktől biztonságos távolságra (legalább 0,5 m-re, ha lehet fából készült hüvelyekben) kell elhelyezni.

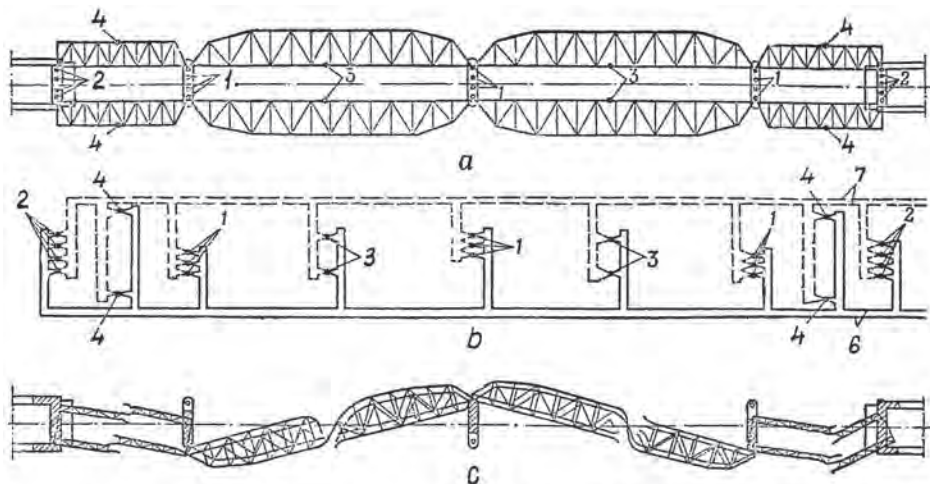
d) A töltetek és a villamos gyűjtőhálózat elhelyezésének vázlatait a 249. ábra szemlélteti.

e) A robanóanyagok, gyújtószerek anyagok, szerszámok és a munkaerő számvetését a mellékelt táblázatok tartalmazzák.

f) A híd rombolásának biztosítása céljából (arra az esetre, ha a gyűjtőhálózatok megrongálódnak) a hídtól 200—400 m távolságra elrejtett gépkocsira tartalék töltetet kell előkészíteni. Szükség esetén tartalék töltetet gépkocsival a híd középső pillére feletti részére visszük (250. ábra) és szerelt gyutaccsal robbantjuk.

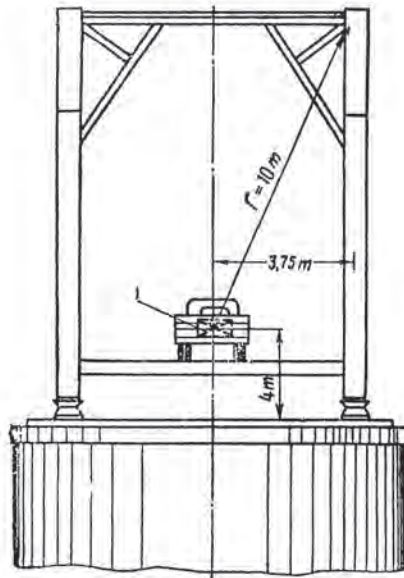
A tartalék töltet súlya az 59. képlet alapján:

$$C = 30r^2 = 30 \cdot 10^2 = 3000 \text{ kg}$$



249. ábra. Villamos gyűjtőhálózat és a töltetek elhelyezése a robbantandó híd szerkezetén:

a — töltetek elhelyezésének vázlata; b — villamos gyűjtőhálózat vázlata;  
 c — híd várható alaprajza robbantás után; 1 — töltetek a pilléreken;  
 2 — parti aljzatokon (hídfőn) elhelyezett töltetek; 3 — töltetek a középső hídmézők alsó övein; 4 — töltetek a véghídmézők felső övein; 5 — fő gyűjtőhálózat; 6 — tartalék gyűjtőhálózat



250. ábra. Tartalék robbanóanyag elhelyezése a robbantandó fémhídon:

1 — gépkocsi platóján elhelyezett robbanóanyag

#### 5. Munkaszervezés:

##### A részletfeladatokat rajonként osztjuk el:

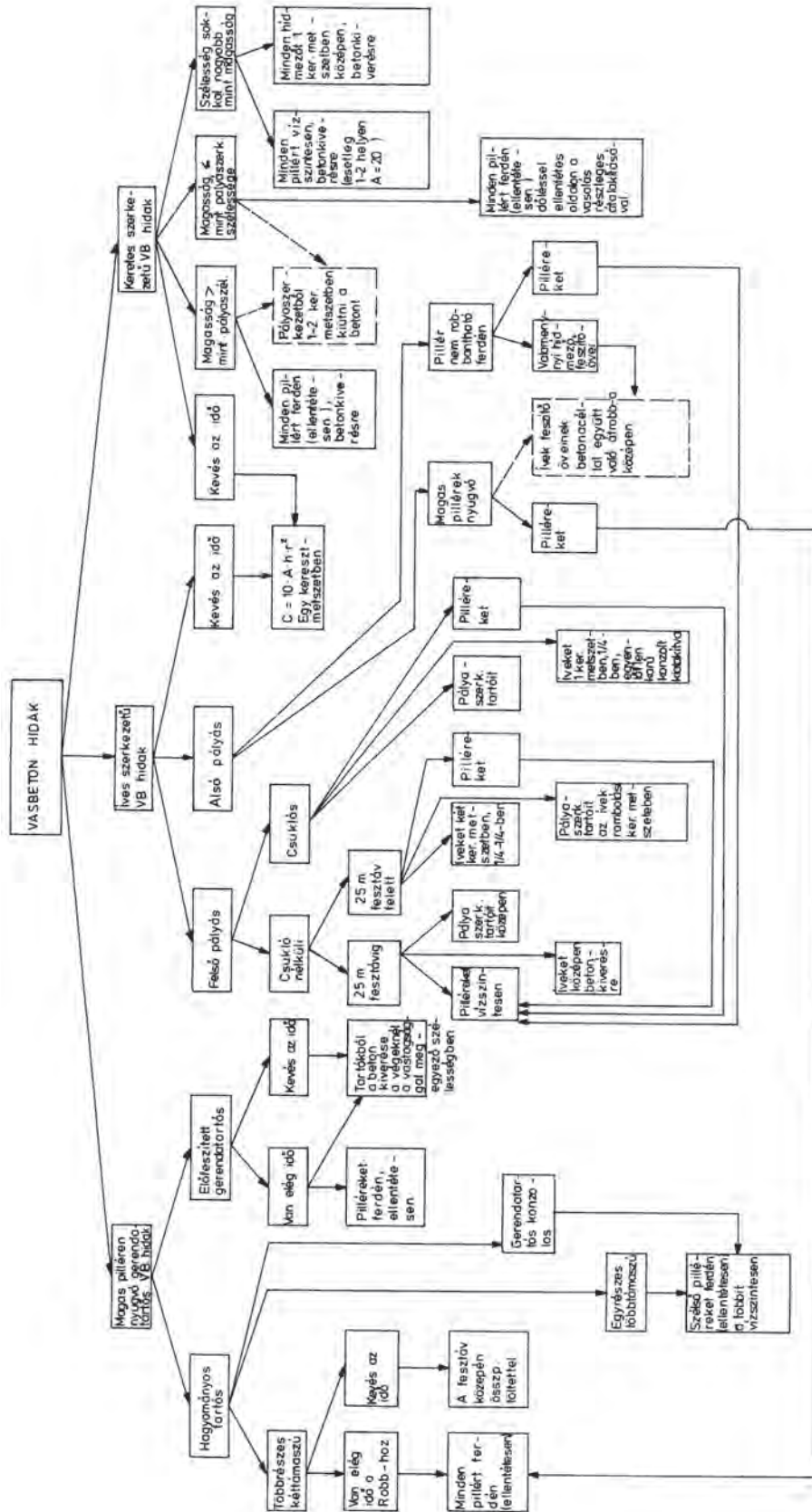
— Az első raj elkészíti és elhelyezi a tölteteket a hidpillérek e célra kiképzett aknacsöveiben, majd felkészül a harmadik rajjal együttműködésben a fővezeték talajba történő beásására.

— A második raj megépít és felszerel 8 db szerelőmezőt, elkészíti és a meghatározott helyekre felerősíti a hidmező rombolására szolgáló tölteteket (16 db), majd a 3. rajnak segít a fővezetékek beásásában.

— A harmadik raj elkészít egy 16 fm hosszú kötélhágcsót, felszereli a fő és tartalék — összekötő — villamos gyújtóhálózatot, kifekteti a fővezetékeket és a hídtól 300 m-re kiépíti a gyújtóhelyet.



Vasbeton hidak robbantásának folyamatábrája



## Robbantástechnikai szakirodalom Magyarországon<sup>887</sup>

### Könyvek

- A dynamit művelődés-történelmi és műszaki jelentősége.* Dynamit Nobel Rt., Budapest, 1896. 45.
- A kőbányászat kézikönyve I. kötet.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1955. 423.
- A kőbányászat kézikönyve II. kötet.* Építésügyi kiadó, Budapest, 1954. 399.
- A kőbányászat kézikönyve III. kötet.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1958. 256.
- Andrejev, K. K. – Beljajev, A. F.: *A robbanó anyagok elmélete.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965. 822.
- Arday Géza m. kir. honvédszázados: *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történelmi fejlődése.* Szent Erzsébet Nyomda Részvénytársaság, Kassa, 1910. 428.
- Bassa R. – Kun L.: *Robbantástechnikai kézikönyv.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965. 372.
- Baum, F. A. – Gyerzsavéc, A. Sz.: *Hőálló robbanóanyagok és ezek működése nagymélységű fúrólukokban, I. k.* (Ford. Téczei Gy.) BKI, Budapest, 1961. 95.
- Bubnov, O. F.: *Iniciálók robbanóanyagok.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1955. 278.
- Bohus G. – Horváth Z. – Papp J.: *Ipari robbantástechnika.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983. 368.
- Doletsko, F.: *A robbantás technikája az erdő- és mezőgazdaságban, kőbányaiparban, út-, vasút-, vízépítésnél és építőiparban.* Pátria nyomda, Budapest, 1911. 112.
- Gesztes S.: *Munkavédelmi útmutató robbantómestereknek, köfajtőknek és fúrósoknak.* Táncsics Kiadó, Budapest, 1968. 33.
- Gorst, A. G. (szerk. Tóth István): *Lőporok és robbanóanyagok.* Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat, Budapest, 1954. 209.
- Horváth László (szerk.): *Robbantómesterek kézikönyve I.* Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE), Budapest, 1987. 192.
- Horváth László (szerk.): *Robbantómesterek kézikönyve II.* Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE), Budapest, 1989. 527.
- Kompolthy T. – Szalay L.: *Tűz- és robbanásvédelem.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1990. 365.
- Lurje, A. J.: *A töltetek villamos gyújtása (fordítás).* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964. 382.
- Mueller Othmár: *Korszerű épületbontás.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965. (második, bővített kiadás, uo., 1985.) 199.
- Mueller Othmár: *Bombariadó.* Szövetkezeti Szervezési Iroda, Budapest, 1991. 121.
- Nagy Tibor (szerk.): *Árvízvédekezési anyagok, felszerelések és gépek kézikönyve.* Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, 1975. 277.
- Nágel J. (szerk.): *Ipari robbanóanyagok, robbantószerkek és vizsgálati módszereik szabványainak gyűjteménye.* Közigazgatási és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1965. 400.
- Orlova, J. J.: *Brizáns robbanóanyagok kémiai és technológiája.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.
- Polgár L. – Sipos B. – Szappanos Z.: *Árvízvédekezési kézikönyv.* Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, 1974. 203.
- Rozsnyói Péter (szerk.): *Irányelvek a jégrobbantási feladatok végrehajtásához.* VÍZDOK, Budapest, 1981. 75.
- Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve.* Pallas Rt., Budapest, 1903. 338.
- Schmoll Endre: *Haditechnikai ismeretek I. kötet.* A szerző kiadása, Budapest, 1929. 503.
- Schmoll Endre: *Haditechnikai ismeretek III. kötet.* M. kir. bpesti honv. tisztai szabályzatismertető tanf., Budapest, 1933. 650.
- Sidlovskij, A. A.: *A pirotechnika alapjai (fordítás).* A Műszaki Könyvkiadó gondozásában, Bányagyutacsgyár, Budapest, 1964. 396.
- Silling, N. A.: *Robbanóanyagok és lőszerelés (fordítás).* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1955. 204.
- Sipos Béla (szerk.): *A jégvédelem kézikönyve.* VÍZDOK, Budapest, 1973. 239.
- Tárkányi L. (szerk.): *A robbantómester.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976. 324.
- „Weindl Gáspár” Bányászati Munkabizottság: *Fúrás-robbantás a bányászatban.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961. 240.

<sup>887</sup> Készült Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbanóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1982.* I. kötet, 5. teljesen átdolgozott kiadás. Építőipari Tudományos Egyesület Robbantástechnikai Szakbizottsága és az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet közös kiadványa, Budapest, 1982. anyagának felhasználásával.

## Jegyzetek

- Bárány I. – Falkai B. – Maróthy G.: *Robbanóanyagok 2. k. Lőporgyártási alap- és segédanyagok*. Hadmérnöki egyetemi jegyzet. Budapest, 1950. 52.
- Bencsik István: *Lyukbefejtés, kútjavítás*. Nehézipari Minisztérium, Továbbképző Központ, Esztergom-kertváros, 1977. 126.
- Benedek D.: *Korszerű robbantási eljárások a kőbányászatban*. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1953. 62.
- Benedek D.: *A kőbányászat korszerű fejtési módszerei*. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1954. 42.
- Benedek D.: *Bányaműveléstan I. Robbantástechnika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972. 196. (Bányaiipari akadémiai tanács tanácsadó tanácsosok tankönyve)
- Bohus Géza: *Külfejtésekben alkalmazható robbantástechnológiák*. NIM Továbbképző Központ, Esztergom-kertváros, 1975. 73.
- Bohus Géza: *Robbantás külfejtésekben*. NIM Továbbképző Központ, Esztergom-kertváros, 1979. 72.
- Bohus Géza: *Bányászati jövesztéstechnika*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1986. 258.
- Bohus G. – Benedek D.: *Korszerű robbantási elméletek*. NIM Továbbképző Központ, Esztergom-kertváros, 1975. 88.
- Boros J.: *Robbanóanyagok vizsgálata és ellenőrzése*. NIM Továbbképző Központ, Esztergom-kertváros, 1975. 47.
- Deák Gy.: *Robbanóanyagok I*. BME Felsőoktatási jegyzetellátó, Budapest, 1953. 96.
- Deres J.: *Robbantási munkák a mélyfúrásban*. NIM Továbbképző Központ, Esztergom-kertváros, 1979. 57.
- Egry K.: *Nagykamrás robbantások telepítése és töltetszámitása*. Építőanyag-ipari Tudományos Egyesület mérnök-továbbképző, Budapest, 1959. 58.
- Erdős József: *Robbantási alapismeretek*. Jegyzet egyetemi hallgatók részére. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Vezetés- és szervezéstudományi Kar, Budapest, 1998. 120.
- Esztó Vilmos – Esztó Zoltán: *Bányaműveléstan IV*. Tankönyvkiadó Nemzeti vállalat, Budapest, 1950. 203.
- Földesi János: *Bányászati robbantástechnika I*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1988. 191.
- Földesi János: *Bányászati robbantástechnika II. (Robbantástechnológiák tervezése)*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1988. 423.
- Földesi János: *Bányászati ismeretek*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1991. 231.
- Haraszi J. – Juhász Nagy B. – Kompolthy T. – Maróthy G. – Sipos Z. – Szücs T.: *Robbanóanyagok és robbantástechnika*. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1966. 236.
- Hídépítő Vállalat, Műszaki Osztály: *Robbantási munkák kivitelezése*. UTORG Sokszorosító üzem, 1987. 70.
- Horváth László: *Különböző ipari robbantások tervezése*. NIM Továbbképző Központ, Esztergom-kertváros, 1975. 54.
- Horváth László: *Földalatti bányászatban alkalmazható robbantástechnológiák*. NIM Továbbképző Központ, Esztergom-kertváros, 1975. 47.
- Horváth L. – Koczor L.: *Bányászaton kívüli robbantástechnológiák*. NIM Továbbképző Központ, Esztergom-kertváros, 1979. 110.
- Hubina I. – Lukács L.: *Kőbányászat robbantással*. Főiskolai tansegédlet. Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1980. 78.
- Hunyadi F. – Lukács L. – Mueller O.: *A robbantások elleni védekezés feladatai*. BME Mérnök-továbbképző Intézet, Budapest, 1993. 119.
- Kóta József: *Lőmester*. Népszava Kiadó, Budapest, 1953. 323. (Bányaiipar, szakmunkásképző könyvtár)
- Kuncz A.: *Füstnélküli lőporok*. BME Hadmérnöki Kar, Budapest, 1951. 69.
- Lázár J.: *Korszerű robbantási és töltetszámitási módszerek*. BME Mérnök-továbbképző Intézet, Felsőoktatási Jegyzetellátó, Budapest, 1953. 272.
- Lázár J.: *Föld- és sziklamunkák végzése robbantással*. BME Mérnök-továbbképző Intézet, Felsőoktatási Jegyzetellátó, Budapest, 1953. 150.
- Lauday Miklós: *Földalatti robbantás*. Tatabányai Szénbányák, 1982. 121.
- Lukács László: *Hidak robbantásának tervezése, szervezése, a parancsnoki munka rendje*. Tansegédlet. Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1986. 206.
- Lukács László: *A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése*. Jegyzet. ZMKA Műszaki tanszék, Budapest, 1992. 44.
- Lukács László: *Harcászati műszakizár-csomópontok létesítése, fenntartása, aktivizálása. A zászlóalj védőkörlet műszakizár-rendszere*. Akadémiai jegyzet. ZMKA Műszaki tanszék, Budapest, 1994. 93.
- Lukács L. – Mueller O.: *Házilagos készítésű robbantó-szerkezetek*. ORFK Országos Oktatási Központ, Budapest, 1994. 178.
- Lukács László: *A katonai robbantástechnika és a környezetvédelem*. Egyetemi jegyzet. ZMNE Hadtudományi kar, Műszaki harcászati-hadművelési tanszék, Budapest, 1997. 304.

- Lukács László – Rác Pál (szerk.): *Nagyenergiájú fémmezmunkálás*. Jegyzet. Nemzeti Közszolgálat Egyetem, Budapest, 2013. 226.
- Maróthy G. – Bárány I. – Falkai B.: *Robbanóanyagok I. Általános és katonai robbanóanyagok*. Haditechnikai Intézet, Műszaki Egyetemek és Főiskolák Hadmérnöki Tagozatainak Parancsnoksága, Budapest, 1950. 107.
- Maróthy G. – Falkai B.: *Robbanóanyagok II. Ipari robbanóanyagok, lőporgyártási alap- és segédanyagok, pirotechnika*. Haditechnikai Intézet, Műszaki Egyetemek és Főiskolák Hadmérnöki Tagozatainak Parancsnoksága, Budapest, 1951. 113.
- Maróthy Géza: *Robbantástechnika geofizikus és geológus mérnökhallgatók részére, Sopron*. Tankönyvkiadó Jegyzetszorosító, Budapest, 1952. 150.
- Maróthy Géza: *Robbanóanyagok és robbantástechnika 1. r. Robbanóanyagok*. Felsőoktatási Jegyzetellátó, Budapest, 1954. 325.
- Maróthy Géza: *Robbanóanyagok és robbantástechnika 2. r. Robbantástechnika*. Felsőoktatási Jegyzetellátó, Budapest, 1954. 200. (Soproni Műszaki Egyetem, Bányamérnöki kar)
- Maróthy Géza (szerk.): *Tananyag robbanóanyag ipari robbantómesterek, raktárkezelők és szállítmánykísérők képző, illetve továbbképző tanfolyamai részére, 1. k. A robbantással és a robbanóanyagokkal kapcsolatos alapfogalmak. Hazai gyártású és felhasználású robbanóanyagok*. NIM Továbbképző Központ, Esztergom, 1976. 169.
- Maróthy Géza (szerk.): *Tananyag robbanóanyag ipari robbantómesterek, raktárkezelők és szállítmánykísérők képző, illetve továbbképző tanfolyamai részére, 2. k. Robbanóanyagok kezelésére, szállítására és tárolására vonatkozó előírások*. NIM Továbbképző Központ, Esztergom, 1976. 134.
- Mészáros S. (szerk.): *Robbanóanyagok és robbantástechnika*. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1966. 236.
- Noszticzius, V.: *A robbanóanyagok gyakorlati felhasználása*. BME Hadmérnöki Kar jegyzetellátó, 1951. 68.
- Pakot Péter – Hegyi Ferenc: *Robbantás*. Főiskolai jegyzet. Magyar Néphadsereg, Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1976. 360.
- Papp J. – Dárdai O.: *Robbanásfizikai alapfogalmak*. NIM Továbbképző Központ, Esztergom, 1974. 122.
- Robbantástechnikai terminológia – A robbantástechnika időszerei kérdései 5. sz. füzet*. OMBKE Robbantástechnikai szakbizottság kiadványa, Budapest, 1980. 10.
- Szabó K.: *Robbanóanyagok kémiája*. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1942. 44.
- Tankönyv a műszaki hallgatók harcbiztosítói felkészítéséhez. 2. könyv, I. rész, I. fejezet, Robbantás*. (Lukács L.) Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1985. 1–257.
- Tankönyv a 3. éves műszaki hallgatók harcbiztosítói felkészítéséhez. 3. könyv, III. rész, V. fejezet, Robbantás*. (Lukács L.) Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1987. 145–279.
- Török László Ervin – Told Rudolfné: *Robbanóanyagok kémiája I*. Főiskolai jegyzet. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Bolyai János Katonai Műszaki Kar, Budapest, 2005. 136.
- Varga József: *Katonai robbantástechnika*. Tansegédlet. ZMKA Műszaki tanszék, Budapest, 1983.
- Vinkler Mihály: *Földmunkák végzése robbantás felhasználásával*. Haditechnikai Intézet, Budapest, 1964. 24.

#### Megjegyzés

Az anyagban csak a könyveket és tanintézeti jegyzeteket dolgoztuk fel. A hivatkozásban feltüntetett bibliográfiában összesen 385, hazai szerző által írt anyag (a könyveken és jegyzeteken kívül egyéb – elsősorban belső terjesztésű – tanulmányok, disszertációk, cikkek, konferencia előadások stb.) szerepel. Ezek nagy része kutatható a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Központi Könyvtárának Mueller Othmár Robbantástechnikai Különgyűjteményében. Az elmúlt években robbantástechnikával kapcsolatban megjelent cikkek találhatóak többek között a *Műszaki Katonai Közlöny* elektronikus folyóiratban,<sup>888</sup> továbbá a Magyar Robbantástechnikai Egyesület (MARE) *Robbantástechnika* periodikájában.<sup>889</sup>

<sup>888</sup> <http://hkk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/index.html>

<sup>889</sup> A periodika számai elektronikus formában megtalálhatók a MARE honlapján: [www.mare.info.hu/Archivum/Periodika/index.html](http://www.mare.info.hu/Archivum/Periodika/index.html)

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem kiadványa.



Nordex Nonprofit Kft. – Dialóg Campus Kiadó • [www.dialogcampus.hu](http://www.dialogcampus.hu) • [www.uni-nke.hu](http://www.uni-nke.hu) •  
1094 Budapest, Márton utca 19. • Telefon: (1) 608 1488 • E-mail: [kiado@uni-nke.hu](mailto:kiado@uni-nke.hu) • A kiadásért  
felel: Petró Ildikó kiadó- és nyomdavezető • Kiadói szerkesztő: Jordán Gergely • Tördelés: Nász  
András • Nyomdai kivitelezés: Stanctechnik Kft. • Felelős vezető: Hermann Nikolett

ISBN 978-615-5680-35-9

A jelen kötet – szerzőjének három évtizedes, a katonai felsőoktatásban robbantástechnikát oktató tanárként szerzett szakmai tapasztalatait felhasználva – összefoglaló ismereteket nyújt a hazai, ezen belül kiemelten a katonai robbantástechnika szabályainak, módszereinek és eszközeinek fejlődéséről az 1800-as évek végétől napjainkig.

Hasonló, a gyakorlati robbantási tevékenységben és a tudományos kutatásban egyaránt jártas szakember által keretbe foglalt mű ilyen formában még soha nem jelent meg korábban Magyarországon. A kötetet nem csupán a téma kutatói forgathatják haszonnal, hanem valamennyi érintett civil, katonai és rendvédelmi szakember, az egyes fejezetek pedig hasznosítható szakmai tanácsokkal szolgálnak a jelen kor aktuális problémáit (terrorista robbantások, környezetkímélő katonai robbantások, új robbantási technológiák katonai alkalmazása stb.) megoldani hivatott szervezetek munkájához is.

A szerző a hazai katonai robbantástechnika megújítási lehetőségeinek bemutatása mellett, a szakterület fejlődéstörténeti vizsgálata alapján azt is bizonyítja, hogy az eddig alkalmazott elveket nem kell „elfelejteni”, hiszen szervesen illeszkednek a robbantástechnika általános vonulatába, amely az idők folyamán empirikus úton szerzett ismeretek alapján a tudományos vizsgálatok eredményein nyugó eljárásokká fejlődött.

A mű emléket állít a mindenkori magyar hadseregben a robbantástechnika kutatásával, fejlesztésével, a robbantás oktatásával, a kiképzéssel a gyakorlati munkák kivitelezésével foglalkozó katonáknak, szakembereknek.

A kiadvány a KÖFOP-2.1.2-VEKOP-15-2016-00001  
„A jó kormányzást megalapozó közszolgálat-fejlesztés”  
címmű projekt keretében került kiadásra.

Dialog Campus

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE