

Prof. Dr. Lukács László¹

KÖRNYEZETKÍMÉLŐ KATONAI ROBBANTÁSOK ALKALMAZÁSA A MAGYAR HONVÉDSÉGNÉL²

Absztrakt

A tanulmányban a környezet védelmével kapcsolatos polgári és katonai szabályozás legfontosabb kérdéseit tekintem át, majd bemutatok néhány területet, melyek a katonai robbantási feladatok, jelenleginél környezetkímélőbb végrehajtását segíthetik elő.

Kulcsszó: környezetvédelem, katonai robbantástechnika, földrobbantás, szerkezeti elem robbantás, kumulatív töltet, időzített gyutacs

Abstract

In this publication I give an overview about the most important issues of the civil and military control of the nature's protection. Then I introduce some methods which promote the realization of the military blasting tasks to reach the best environmentally-friendly effects.

Keywords: protection of nature, military blast technology, soil explode, explode of structural elements, cumulative charge, timed detonator

BEVEZETÉS

Hazánk fegyveres erőinek és testületeinek fő feladata a nemzet szuverenitásának, területi integritásának védelme. Ennek a kötelezettségnek a teljesítéséhez – többek között – fegyverekre és robbanóanyagokra is szükség van, melyek kezelésére, hatásos alkalmazására ki kell képezni a személyi állományt. A fegyveres erők felszerelése és kiképzése viszont szükségszerűen kihat a környezetre is.

Katonai robbantástechnikai szakemberként, oktatóként szembesültem azzal a problémával, hogy – szemben az ipari robbantástechnikával – a katonai feladatok során, a feltétlen sikeresség okán, egyáltalán nem fordítunk figyelmet a környezetkímélő technikák, technológiák alkalmazására. Megismerkedve a polgári robbantástechnika elméletével és gyakorlatával³ úgy láttam, hogy több ponton is lehetőség nyílna, az ott alkalmazott eljárások,

¹ Nyugalmazott egyetemi tanár, E-mail: llukacs@gmail.com

² Bírálta: Prof. Dr. Szabó Sándor mk. ezredes, egyetemi tanár, NKE († 2015) – a Magyar Hadtudományi Társaság 2011. évi pályázatán I. díjat nyert pályamunka

³ Civil robbantásvezetői igazolványt szereztem egy tanfolyam elvégzése után, azóta pedig sok hazai és külföldi nemzetközi szakmai konferencia résztvevője, előadója voltam. 1982-től, a Műszaki Tudományos Egyesületek Szövetsége, Építéstudományi Egyesület, 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, Robbantástechnikai szakosztályának. 2004-től, a fent jelölt két szakmai szervezet jogutódjaként létrehozott Magyar Robbantástechnikai Egyesület alapító tagja, és megválasztott alelnöke, 2007 és 2010 között pedig az elnöke voltam. Újbóli jelölésem elhárítását követően, az Egyesület tiszteletbeli elnökévé választott 2010-ben.

robbantóanyagok adaptálására, a katonai robbantási feladatok egy részénél. 1995-ös kandidátusi disszertációmban, kísérleti robbantások eredményeire alapozva, már éltem ez irányú javaslatokkal. 1997-ben, egy kísérleti jellegű robbantási jegyzetet írtam ebben a témában, a Környezetgazdálkodási oktatás fejlesztéséért Alapítvány támogatásával.⁴ Munkámat tovább folytattam és folytatom azóta is, kísérleti és bemutató robbantásokat szervezve, több cikket írva, konferencia előadást tartva.

A dolgozatban, a környezet védelmével kapcsolatos polgári és katonai szabályozás legfontosabb kérdéseit tekintem át, majd bemutatok néhány területet, melyek a katonai robbantási feladatok, jelenleginél környezetkímélőbb végrehajtását segíthetik elő.

A Magyar Honvédség elkötelezett abban, hogy feladatai maradéktalan teljesítése mellett, mégis megfeleljen a jelen kor környezetvédelmi elvárásainak. A Honvédelmi Minisztérium, Infrastrukturális Ügynökség által 2008-ban készített oktatási anyag⁵ 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 doktrínarendszerében 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.

⁴ Katonai robbantástechnika és környezetvédelem – jegyzet a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, műszaki hallgatói számára (ZMNE, Hadtudományi Kar, Műszaki hadműveleti-harcászati tanszék, Budapest, 1997.). Egyben a Katonai környezetvédelem tantárgy tananyaga is lett, az Építőmérnöki szakos (főiskolai) műszaki tisztképzésben.

⁵ Honvédelmi környezetvédelem – Képzési szakanyag a környezetvédelmi szakelőadói képzéshez (Honvédelmi Minisztérium, Infrastrukturális Ügynökség, Budapest, 2008).

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.”

A pályázati anyag megírása és leadása óta olyan változások történtek a hazai robbanóanyag gyártás terén, mely érinti a tanulmányban leírtakat. Ezért ahol ez indokolt, ilyen dőlt betűs megjegyzésekkel fogom aktualizálni az anyagot.

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.”⁶

A következőkben – mindenek előtt – röviden tekintsük át, a katonai szektor környezetvédelmi feladatait szabályozó legfontosabb dokumentumokat.

1.1. Az 1995. évi LIII. Törvény a környezet védelmének általános szabályairól

Az alponban a törvény legfontosabb, a katonai környezetvédelem szempontjából leglényegesebb elemei kerülnek bemutatásra.⁷

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 környezetkárosítást.

⁶ Uo.

⁷ 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

A környezeti elemek egységes védelme:

Minden környezeti elemet önmagában, a többi környezeti elemmel alkotott egységében és az egymással való kölcsönhatás figyelembevételével kell védeni.

A környezeti elemek védelme egyaránt jelenti azok minőségének, mennyiségének és készleteinek, valamint az elemeken belüli arányok és folyamatok védelmét.

A föld védelme:

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.

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 és 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.

Veszélyes anyagok és technológiák:

A veszélyes anyagok károsító hatása elleni védelem kiterjed minden olyan természetes, illetve mesterséges anyagra, amelyet a környezethasználó tevékenysége során felhasználnak, előállítanak, vagy forgalmaznak, és amelyek minősége, mennyisége robbanás- és tűzveszélyes, radioaktív, mérgező, ingerlő hatású, illetőleg más anyaggal kölcsönhatásba kerülve ilyen hatást előidézhet.

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;
- h) a környezetvédelem kutatási, műszaki-fejlesztési nevelési-kiképzési és művelődési, tájékoztatói, valamint a környezetvédelmi termék- és technológia-minősítési feladatok meghatározása, és ellátásuk biztosítása;
- i) a környezetvédelem gazdasági-pénzügyi alapjainak biztosítása.

A Kormány környezetvédelmi tevékenysége:

A Kormány irányítja az állami környezetvédelmi feladatok végrehajtását, meghatározza és összehangolja a minisztériumok és a Kormánynak közvetlenül alárendelt szervek környezetvédelmi tevékenységét.

A Kormány környezetvédelmi feladata különösen:

- b) a környezetvédelem követelményeinek megfelelő környezetkímélő vagy környezetbarát termékek előállításának, technológiák, létesítmények megvalósításának, elterjedésének elősegítése;
- c) 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.

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” c. 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, tovább 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 Konferencia⁸, és többek között az elfogadott 21-es Napirendben rögzítette a nemzeti akciók és a nemzetközi együttműködés átfogó munkatervét a globális környezetvédelem terén, a 21. századra vonatkozóan. A fontosabb előír sok között szerepelt ebben többek között az is, hogy 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” c. határozatát, amelyet 1995-ben megerősített. 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 tevékenységre.

A NATO 1969-ben bizottságot hozott létre a modern társadalommal szembeni kihívások vizsgálatára⁹. A bizottság, a környezeti problémák megoldására mozgósította az egyes

⁸ United Nations Conference on Environment and Development

⁹ Committee on the Challenges of Modern Society - NATO-CCMS

országok szakembereit. Munkájában részt vettek az Észak-atlanti Együttműködési Tanácsban (NACC) és a Partnerség a Békéért (PFP) programban szerepet vállaló partner országok (így Magyarország) is.

A bizottság az alábbiakban bemutatott ajánlásokat tette.

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.

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). Ezen kívül ugyancsak szükséges a kérdéssel kapcsolatos egyéb nemzetközi szerződésekben és konvenciókban foglaltak beépítése a törvénybe (pl. a Montreali Jegyzőkönyv és a Bázeli Konvenció).

A Kormánynak 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 pl. valamely új környezetvédelmi követelmény komolyan akadályozná a fegyveres erők képességét az elsődleges feladatuk végrehajtásában, vagy veszélyeztetné a titkosságot. A kormánynak 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 Kormánynak fel kell készülnie a katonai szektor ama költségvetési (plusz) igényeinek kielégítésére, mely ezek megvalósítását szolgálja. A Kormánynak kell meghatároznia a költségvetés készítés azon eljárásait is, amelyek lehetővé teszik a környezetvédelmi célú katonai igények áttekintését.

1. 2. 3. A katonai szektor felelőssége

A katonai szektor számára világosan meghatározott, sajátos környezetvédelmi célokot kell kitűzni, melyek illeszkednek a sajátos katonai tevékenységekhez, ugyanakkor figyelembe veszik az országban elfogadott környezetvédelmi törvény előírásait is.

Ezt követően kerülnek kidolgozásra 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, és 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 kisebb környezeti károk mellett kielégíteni a sajátos katonai igényeket, az eddig alkalmazottaknál.

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 harckészültség fenntartásának szükségessége és a környezetvédelem követelményei között egyensúlyt kell teremteni. Ha a katonai kiképzést a környezetvédelmi előírások teljes mellőzésével hajtják végre, akkor az ország sok értékes erőforrása menne veszendőbe. Amellett a kiképzés minősége is fokozatosan romlana, mert a gyakorlóterek előbb vagy utóbb nem hasonlítanak többé arra a terepre, ahol a tényleges harc folyik. 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.

2. KÖRNYEZETKÍMÉLŐ KATONAI ROBBANTÁSOK

A fejezeten belül megvizsgáljuk, milyen robbantóanyagok¹⁰ alkalmazásával, illetve robbantási eljárások előtérbe helyezésével csökkenthető a katonai robbantások környezeti hatása, különös tekintettel a fent vázolt, megváltozott katona-politikai helyzetre.

Ezen belül – véleményem szerint – szakítani kell az eddigi szemlélettel, mely csak és kimondottan a háborús alkalmazás feltételeiből indult ki: a békekiképzés, a válságkezelés, valamint a békeateremtő 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.

Bizonyítani kívánom, hogy 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 szempontú mérlegelésre.

2. 1. Ipari robbanóanyagok alkalmazási lehetőségei a katonai feladatok végzése során¹¹

A honvédségi szervezetek alapműködésének biztosításához elengedhetetlenül szükségesek a robbanóanyagok. Az 1. számú ábrán látjuk, hogy e robbanóanyagoknak, olyan speciális követelményeknek is meg kell felelniük, melyek, pl. 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.

¹⁰ A honi ipari robbantástechnikában elfogadott terminológiát alapul véve, robbantóanyag fogalma alatt, a robbanóanyagokat és a robbantószerkeket összefoglalóan értjük – Robbantástechnikai terminológia – A robbantástechnika időszzerű kérdései 5. sz. füzet OMBKE Robbantástechnikai szakbizottság kiadványa, Budapest, 1980.

¹¹ A kutatás első eredményeit bemutató tanulmányom a Műszaki Katonai Közlönyben jelent meg (ISSN 1219-4166) 1995/1-2. (összevont) száma pp. 73-108., valamint 1995/3. száma pp. 23-46.

AZ IPARI ÉS A KATONAI ROBBANÓANYAGOKKAL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

Követelmény megnevezése	Ipari robbanóanyag	Katonai robbanóanyag
teljesítmény	<ul style="list-style-type: none"> - nagy gázfejlődés és magas robbanáshő = nagy robbanóerő (munkavégző képesség); - a magas detonációsebesség nem követelmény (kivétel a szeizmikus kutatásokhoz gyártott speciális robbanó zselatinokat). 	<p>függ az alkalmazástól: aknák, bombák, tüzérségi lőszer, rakéták</p> <p>a./ harci fejek töltetei:</p> <ul style="list-style-type: none"> - magas gáznyomás; - nagy gázfejlődés; - magas robbanáshő (magas detonációsebesség nem követelmény). <p>b./ gránátok töltetei:</p> <ul style="list-style-type: none"> - nagy repeszképző hatás; - nagy töltési sűrűség; - nagy detonációsebesség; - közepes munkavégző képesség elegendő. <p>c./ kumulatív töltetek:</p> <ul style="list-style-type: none"> - extrém magas sűrűség és detonációsebesség (HMX- a legjobb); - magas hatóerő (brizancia) és munkavégző képesség.
érzékenység	<ul style="list-style-type: none"> - kezelésbiztonság; - gyutacsérzékenység (kivéve a slurry-ke és az ammóniumnitrát- tüzelőanyag keveréket). 	<ul style="list-style-type: none"> - amennyire csak lehetséges, érzéketlen; - tűzbiztos; - ütésbiztos; - lövésbiztos
stabilitás és tárolhatóság	<ul style="list-style-type: none"> - kb. hat hónap tárolási idő, vagy több; - semleges (nincs az alkotók között nitric-azid) 	<ul style="list-style-type: none"> - 10 év vagy több a tárolási idő; - semleges; - fémekkel nem reagál; - alakítható.
vízállóság	<ul style="list-style-type: none"> - töltényezve 2 órát el kell viselnie állóvízben (szeizmikus robbanóanyagoknak többet). 	<ul style="list-style-type: none"> - tökéletes vízállóság, legalább a fegyverbe való betöltésig.
adagolhatóság	<ul style="list-style-type: none"> - zselatinált, vagy por. 	<ul style="list-style-type: none"> - öntött vagy préselt.
Hő-tűrő képesség	<ul style="list-style-type: none"> - -25 °C -ig (-13 °F) nem fagyhat meg; - +60 °C -ig (140 °F) néhány órát ki kell bírnia. 	<ul style="list-style-type: none"> - teljes működésképesség meg kell őriznie -40 °C (-40 °F) és + 60 °C (+140 °F) között, sőt különleges esetekben e fölött is.

J. Köhler – R. Meyer: Explosives – Fourth, revised and extended edition (VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Federal Republic of Germany, 1993.) 12. táblázat, 142. old. alapján

A honvédség robbanóanyag szükséglete két nagy területre bontható:

- a gyári szerelésű robbanótestek töltetként felhasználandó robbanóanyagokra (tüzérségi lőszer, légibombák, 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 robbanóanyagokra.

A gyári szerelésű robbanótestek robbanóanyagául legalább közepes hatóerejű brizáns robbanóanyag szükséges, ezen belül is világszerte a legelterjedtebb a trotil (önállóan, vagy más robbanóanyagokkal keverve – pl. hexotol, pentritol, amatol stb.)¹².

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 elem robbantások és építmény rombolások 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, pl. a trotilét.

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 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; konfliktus helyzet esetén viszont a külső beszerzés bizonytalan, sőt akár lehetetlen lehet;
- felszámolásra került az az üzem, mely nagyobb mennyiségű trotil hazai gyártására alkalmas volt (Sajóbáony) a még meglévő robbanóanyag gyáraink pedig, ipari robbanóanyagok gyártására szakosodtak;
- felszámolásra került az egyedüli, robbanótesteket és lőszerket gyártó üzem, a Mechanikai Művek, Speciális Gyáregysége.

A fenti problémák kezelésének többféle lehetősége is elképzelhető. 1932-ben, a Magyar Katonai Szemle 6. füzetében megjelent egy tanulmány „Robbanó anyagok, pótrobbanó

¹² 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 a korábbi Mechanikai Művek, Speciális Gyáregysége, már a 90-es évek közepén készen állt ezek előállítására.

anyagok”¹³. címmel. 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 helyzettől várja, mert szem előtt tartja azon tényt, hogy a külföldről importált mennyiség aránya 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”¹⁴ Ezért a szerző, az ország robbanóanyag gyártáshoz szükséges nyersanyag lehetőségeit elemezve, javaslatot tesz a szabványos és a pót-robbanóanyag fogalmának bevezetésére, az alábbiak szerint:

„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 lehetőségét írják elő s az egyéb katonai követelményeknél esetleg engedményeket.”¹⁵

Ezek után, a szerző részletesen elemzi a hazai gyártású ipari robbanóanyagok, katonai felhasználás szempontjából előnyös és hátrányos tulajdonságait, javaslatokat téve, esetleges pót-robbanóanyagként 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 pót-robbanóanyagnak? Ha igen, ez támogatja-e azon törekvésünket is, hogy a katonai robbantási feladatokat, az eddiginél környezetkímélőbb módon tudjuk végrehajtani? A továbbiakban ennek járunk utána.

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

¹³ H. T. I.: Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok – a Haditechnikai tájékoztató sorozat 17. közleménye, Magyar Katonai Szemle 6. füzet, Budapest, 1932. 123-134. oldalak

¹⁴ Uo. 126. oldal

¹⁵ Uo. 126-127. oldalak

alapvetően, a honvédségi követelmények szerinti, „minden időben, minden körülmények között” történő felhasználhatóság igénye jelenti a fő gondot.

Az ipari robbanóanyagok leggyakoribb alkotóeleme egyrészt olcsósága, másrészt (belső töltetként alkalmazva) kiváló munkavégző képessége miatt, az ammónium-nitrát., A korábbi nevén „ammon-salétromos” robbanóanyagok katonai alkalmazásának lehetőségét, már az **1928-as Műszaki oktatás**¹⁶ is felvetette, mint egy nitroglicerinnel vagy trotilal keverve eredményesen használható (bár nem rendszeresített) anyagét. Hátrányaként említette viszont nagy nedvszívó képességét, melynek következtében robbanási tulajdonságait elveszti.

A 2.1.1. alfejezetben részletesebben bemutatott **1932-es Tanulmány**¹⁷ is, mint a hazánk esetében leginkább szóba jöhető pótt-robbanóanyagot említi az ammonsalétromos 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, melyre az I. világháború során volt is példa (pl. egy guanidinnitrát nevű robbanóanyag esetén).

Az **1950-es Ideiglenes robbantási utasítás**¹⁸ egyértelműen katonai felhasználásra alkalmas robbanóanyagként tartja az ammonsalétromos 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 harckocsiaknákat is töltöttek velük. Az utasítás tízféle ammon-salétromos robbanóanyagot mutat be, közös hátrányos tulajdonságuként említve viszont higroszkóposágukat, összeállásra való hajlamukat és csomósodásukat.

Az **1965-ös Robbantási utasítás**¹⁹ szintén tárgyalja az „ammóniumsálétromos” 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 harckocsiaknáknak és különböző rombolóaknáknak töltetként is. Hátrányos tulajdonságai itt is hangsúlyozásra kerülnek, úgymint: rövid idejű tárolhatóság, nedvességgel szembeni érzékenység (3 % nedvességtartalom felett robbanási tulajdonságukat elvesztik), összeállásra való hajlam, fémekkel szembeni agresszív reagálás („ha a gyutacsok egy napnál tovább vannak benn az ammonitokban, fémhüvelyek korrodeálódnak és tönkremennek”). Az utasítás 1. sz. mellékletében ismertetésre kerülnek a „népgazdaságban használatos robbanóanyagok”, melyek között 17-féle (szovjet) ammonsalétromos robbanóanyag is bemutatásra kerül.

¹⁶ E-34 (Műsz. okt. műsz.): Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára, 2. Füzet - Robbantások I. rész, M. kir. honvédelmi minisztérium, Budapest, 1928.

¹⁷ H. T. I.: Robbanó anyagok, póttrobbanó anyagok – a Haditechnikai tájékoztató sorozat 17. közleménye, Magyar Katonai Szemle 6. füzet, Budapest, 1932. 123-134. oldalak

¹⁸ E-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950. 12. és 23. oldalak

¹⁹ Mű/2. Robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1965. 15-17. oldalak

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**²⁰ szintén említi az ammonosalétromos robbanóanyagokat (hasonló kitételekkel, mint az 1965-ös), de konkrét katonai felhasználásukra nem rendelkezik. Ugyanakkor a földrobbantással foglalkozó V. fejezet 157. pontjában, a K-talajtényező értékét ammonitok esetén 1.2-vel, ammóniumsalétrom esetén 1.8-cal rendeli szorozni. A 2. számú mellékletben szintén bemutatásra kerülnek a „népgazdaságban használt ipari robbanóanyagok”, de itt már hazai gyártásúakat tárgyal, köztük a PAXIT-ot, a PAXIT III-at és a PAXIT IV-et.²¹

Az amerikai hadsereg **FM 5-250 „Explosives and demolitions”** c. robbantási kézikönyve szerint is „a földrobbantási feladatokhoz az ammónium-nitrát alapanyagú robbanóanyagok a legalkalmasabbak, más jellegűt csak szükség szerint célszerű használni”²². Bemutatja a 40-fontos ammónium-nitrát robbanótestet, melyet elsődleges alkalmazása, 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.

Tovább vizsgálódva, a **brit Katonai Műszaki Kézikönyv, 4. kötet, Robbantások** kiadvány szerint, a műszaki csapatok alkalmazzák az ANDO robbanóanyagot út- és repülőter építés során, ugyanakkor nem javasolják harcászati feladatokhoz.²³

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, robbanóanyagokat és emulziós robbanóanyagokat. A próbarobbantások tapasztalatai a következő eredményeket hozták:

- 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 fúrt lyukba, vagy aknakamrába töltötték, jelentősen csökkentve ez által az akadályok létrehozására fordítandó erő- és időszükségletet.

²⁰ Mű/213. Robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971.

²¹ 1995-ös kandidátusi disszertációmban még vizsgáltam a hazai gyártású PAXIT robbanóanyag alkalmazhatóságát a katonai földrobbantási feladatok végzése során, de az óta a peremartoni, korábbi Ipari Robbanó Kft, ma MAXAM Magyarország Kft., megszüntette a gyártást, így oka fogyottá vált a további elemzés

²² FM 5-250 Explosives and Demolitions, Headquarters, Department of the Army, Washington, DC, 15 June 1992. page 1-8.

²³ Military Engineering, Volume II, Field Engineering, Pamphlet No. 4, Demolitions, Ministry of Defence, UK, 1988. Annex O.

- 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.²⁴

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.

2.1.3. Az ANDO katonai alkalmazhatóságának vizsgálata

Az ipari robbanóanyagok fejlődésének három fő szakaszát figyelhetjük meg a II. világháborút követően. Az első szakasz az ANDO megjelenésével kezdődött. Az ANDO legalább 88 % ammóniumnitrátot tartalmazó, dízelolajjal vagy égőolajjal érzékenyített robbanóanyag. A hazai ANDO-k döntően gyutacsérzéketlen (iniciálásuk korábban, legalább 100 g-os PAXIT tölténnyel, de pl. az ANDO-Ex csak 200 g-os TNT préstesttel volt végrehajtható), 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 jó minőségű ANDO (pl. ANDO-Ex) felhasználható -25°C és +60°C hőmérsékleti tartományok között.

A viszonylag kisteljesítményű helyszíni bekeverésre jó példa a Magyar Robbantástechnikai Egyesület, 2008. 04. 03-án tartott, „A Keszthely környéki kőbányák robbanóanyaggal való ellátása és a robbantások nem kívánatos hatásai” c. szakmai napján²⁵ bemutatott, ANFO MIXER 1000 keverő berendezés (lásd a 2. számú ábrát), mellyel normál ANDO-t, alumínium-por érzékenyítésű ANDO-t és „vízálló ANDO”-t is lehet gyártani. A keverő berendezés teljesítménye: 45 kg/perc. Egy 25 kg-os zsák töltése és levarrása 1 percet vesz igénybe.

A mobil keverő berendezés helyi működésének előnyei:

- a nagytömegű robbanóanyag szállítás útja lerövidül;
- a robbanóanyag szállítási költségek csökkennek;
- az időjárás kevésbé befolyásolja a biztonságos robbanóanyag ellátást;
- nem kell nagy kapacitású robbanóanyag raktárakat üzemeltetni;
- a robbanóanyag szállításhoz nincs szükség nagy teljesítményű ADR vizsgás gépkocsira.

²⁴ Poljakov, I. - Iljenko, V.: Zagrazsgyenyija na avtomobilnih dorogah I-II. (Obstacles in the roads), Zarubezsnoje Vojennoje Obozrenyje, Moskow, numbers 1990/2. pp. 86-87. – ford. Lukács

²⁵ Dr. Földesi János: A Keszthely környéki kőbányák robbanóanyaggal történő ellátása, Robbantástechnika 29. szám (HU ISSN 1788-5671), 2008. április, pp. 1-7.



2. számú ábra: ANFO MIXER 1000 keverő berendezés²⁶

Könnyű és olcsó elállíthatósága, biztonságos kezelhetősége, szivattyúzhatósága miatt az ANDO a világon mindenhol elterjedt. Az egyes ANDO-k között elsősorban csak az alkalmazott adalékanyagok (alumínium por, faliszt stb.) fajtájában és mennyiségében van eltérés.

Az ANDO meglepően jó munkavégző képességről tett tanúbizonyságot a föld- és sziklarobbantások területén. A 94 % ammónium-nitrátból és 6 % gázolajból álló ANDO, trotil-egyenértéke egyes szakirodalmak szerint 0.82 (!), természetesen csak lefojtva és földmunkákra vonatkozóan. Ez különösen akkor értékelhető komolyan, ha figyelembe vesszük, hogy pl., az Amerikában még alkalmazott, 50 % nitroglicerintartalmú dinamit ugyanezen értéke 0.9²⁷.

Az ANDO előnyös tulajdonságai:

- minden alkotórésze hazai viszonyok között és olcsón beszerezhető;
- előállítása akár helyszíni bekeveréssel megoldható, pl. 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 fúróeszközöknek megfelel (KF-3 kézi földfúró pl. 150 mm);
- sem gyártása, sem felhasználása nem igényel külön szakértelmet;

²⁶ Foto – a szerző

²⁷ Textbook of Military Medicine, Part I. - Warfare, Weaponry and the Casualty (Katonai gyógyászati kézikönyv I. rész - Hadviselés, fegyverzet és a sérülések), p. 247., Table 7-2, United States Army Institute for Surgical Research, San Antonio, Texas, 1991.

- külső fizikai hatásokra érzéketlen, csak indítótöltettel 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 robbanóanyagoknak, így helyszíni bekeverése esetén nem fenyegeti robbanás egy ellenséges tűzérési, légi vagy akár diverziós cselekmény esetén, pl. a robbanóanyag-raktárt, vagy a szállító gépjármű konvojt;
- 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 pl., az erősen negatív oxigénegyenlegű trotilal, melynek robbanásakor többek között szén és erősen mérgező szénmonoxid képződik);
- a fűrt lyukak töltése gyorsabb (az anyag egyszerűen beönthető, sőt akár szivattyúzható), mivel a furatot (aknakamrát) tökéletesen kitölti, javul a töltet-kihasználási tényező (pl. a TNT préstestekhez képest), így akár egyenértékűvé is válhat földrobbantásoknál az ANDO a trotilal.

Villum Kann Rasmussen, a Velux ablakokat gyártó cég alapítója (1941) mondta, hogy „egy kísérlet többet ér, mint ezer szakértői vélemény”.

Kísérleti robbantásom során²⁸, KF-3 földfúróval, homoktalajban készített 1.75 m mély furatban robbantottunk 28 kg 400 g-os TNT préstestet és 20 kg ANDO-t²⁹. A keletkezett tölcsérek mélysége 1.5-1.5 méter volt, eltérést a tölcsér átmérőjében tapasztaltunk mely a TNT-nél 4.8 m, míg az ANDO-nál 4.35 m volt. Az eredmény mindenképpen pozitív volt, hiszen – bár az ANDO-ból, csak a TNT tömegének csak a 71 %-a került betöltésre – mégis azonos mélységű tölcsért sikerült kirobbantani.

Az ANDO hátrányos tulajdonságai:

- 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.

²⁸ Türr István Műszaki Ezred gyakorlótere, Baja, 1993. október 26. A kísérleti jegyzőkönyvet Dr. Földei János egyetemi docens (Miskolci Egyetem), és Gács József robbantásvezető (MIKEROBB Kft.) hitelesítette

²⁹ 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.

Összességében az ANDO mint pót-robbanóanyag csak részlegesen használható fel, ugyanakkor szükség robbanóanyagként való alkalmazásának feltételeit meg kell vizsgálni. Minimális kiképzéssel a Magyar Honvédség, hivatásos műszaki (de akár összefegyvernemi) tisztjei, tiszthelyettesei eredményesen használhatnák földrobbantási feladatok végzésére saját támpontjaikban, védőkörleteikben, száraz időjárású 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 harcokocsiárok 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 óvóhely alapgödör robbantásához 180 – 240 kg, 1 km harcokocsiárok robbantásához 10-15 tonna robbanóanyag szükséges) ugyancsak nagy segítség lehet.

2. 1. 4. 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, égő anyagokkal (alumínium, glikol stb.) és érzékenyítő anyagokkal (TNT, nitropenta, hexogén) keverve. Töltényezhető és helyszínen bekeverhető, tartálykocsiból szivattyúzható. Nagy előnye az ANDO-val szemben, hogy vizes fúrólyukakba is tölthető, de csak +4°C-ig működik megbízhatóan, az alatt megdermed, és bizonytalanul robban³⁰. Magyarországon jelenleg nincs forgalomban robbanóanyag (és ez az emulziós robbanóanyagok széleskörű alkalmazásával nem is várható), a teljesség kedvéért mégis végezzük el a robbanóanyag elemzését is, a honvédségi felhasználhatóság szempontjából.

A robbanóanyag előnyös tulajdonságai:

- olcsó, döntő többségében hazai alapanyagból való előállíthatóság;
- hazai gyártóüzem (ha a fent említett gyártás elindul);
- vízállóság (akár vízzel telt lyukba is beszivattyúzható, a vizet kinyomja, és e mellett a robbanási tulajdonságai nem változnak);
- mivel csak indító töltettel iniciálható, biztonságosan tárolható, szállítható és felhasználható;
- helyszínen is bekeverhető, így a tárolás és szállítás ANDO-nál említett előnyei ebben az esetben is fennállnak;

³⁰ Dr. Földesi János: Robbanó emulziók és emulziókkal végzett külszíni robbantások tapasztalatai (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. p. 76.

- kezelése külön szakértelmet nem igényel, így a földrobbantási feladatok végzésére a MH hivatásos állománya egyszerű felkészítés után, eredményesen tudná felhasználni;
- a fűrt lyukakba könnyen tölthető akár kézzel, akár szivattyúval;
- a lyukat tökéletesen kitölti, így töltet-kihasználási tényezője jobb a trotil préstestekénél.

A robbanóanyag hátrányos tulajdonságai:

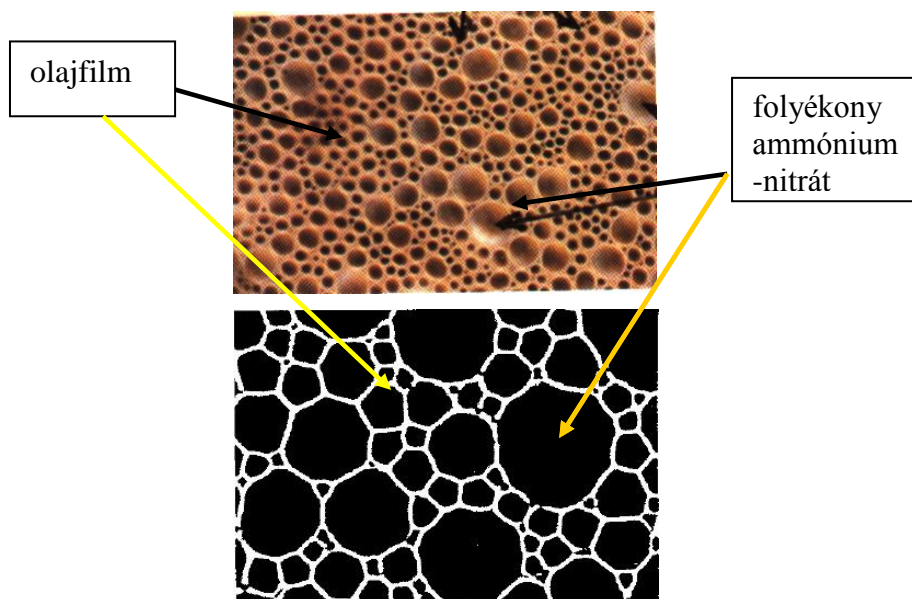
- +4°C alatt megdermed és bizonytalanul, negatív hőmérsékleti tartományban egyáltalán nem detonál;
- az áramot vezeti, ez hibás villamos hálózatnál állva-maradást okozhat.

Összességében a robbanóanyag (esetleges magyarországi gyártása esetén) eredményesen használható szükség-robbanóanyag lenne, a földrobbantási feladatok végzése során. Pótrobbanóanyagként való 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 gyártó 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).

2. 1. 5. Az emulziós robbanóanyagok és honvédségi alkalmazhatóságuk

1964-ben, az USA-ban született meg az emulziós robbanóanyag. Ebben az új robbanóanyagban, nagyon kis átmérőjű ammónium-nitrát oldat csöppek ($\varnothing 10^{-4}$ mm) kerültek vékony olajréteggel bevonásra, a speciális gyártási technológia során (lásd a 3. számú ábrát). Ennek következtében a robbanóanyag vízálló, ugyanakkor a speciális emulgeáló szer tulajdonságai következtében robbanási tulajdonságait akár $-25-30^{\circ}\text{C}$ -on sem veszíti el.



3. számú ábra: Az emulzió képe 2000-szeres nagyításban³¹

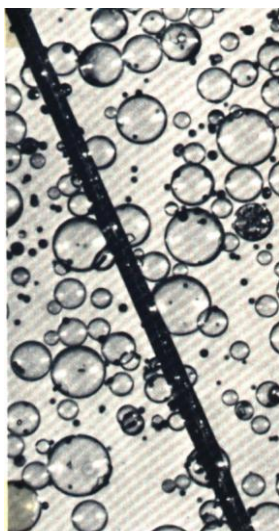
Mivel az emulzió önmagában nem tartalmaz robbanóanyag minősülő összetevőt, így csak érzékenyítő adalék hozzáadása után válik tényleges robbanóanyaggá (addig csak dízelolaj kategóriájú tűzveszélyes anyag!). Ez az érzékenyítő adalék üvegből vagy műanyagból készült, néhány mikron átmérőjű üres gömböcske (4. számú ábra). Az üvegyöngy szerepe az emulzióban az, hogy az indítótöltet robbanásakor képződő lökőhullám által létrehozott nagy és gyorsan terjedő nyomás hatására, a bennük lévő üregecskéék energia koncentrációt (ún. „forró pontot”) generálnak, amely elegendő a vele szomszédos robbanóanyag-rész detonációjához, és ilyen módon a láncreakció végig viteléhez.

Az emulzióba kevert üvegyöngy mennyiségével, egyben szabályozható a gyártott robbanóanyag iniciálhatósága, továbbá a külső hőmérséklethez való illesztése. A MIKEROBB Kft. által az ANDO-V robbanóanyag gyártása során jelenleg alkalmazott Q-CEL 7014 típusú üvegyöngy esetében:

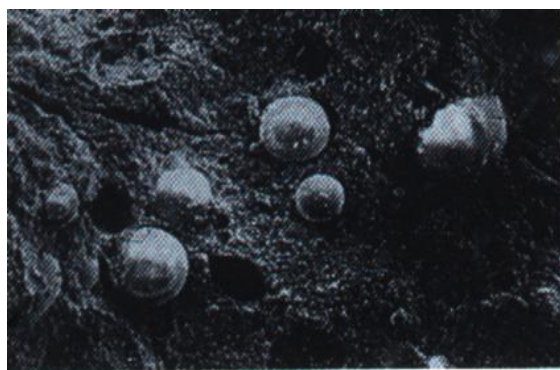
- 0.8-1.1 % üvegyöngy tartalomnál az emulziós robbanóanyag gyutacsérzékeny, 1.7-2.2 % mellett, viszont gyutacsindítható;
- hideg időjárási viszonyok esetén, ugyanezek az értékek 1.3-1.8, illetve 2.2-2.6 %-ra növelendők³².

³¹ EMULITE is breaking new ground in bulk blasting – Nitro Nobel gyártmányismertető, p. 3.

³² Q-Cel® Ultra-Light Hollow Glass Microspheres - Industrial Explosives Applications, www.potterseurope.com – 2010. augusztus 9.



4. számú ábra: Üveggyöngy és hajszál mikroszkopikus képe³³



5. számú ábra: A mikrogyöngyökkel bekevert emulziós robbanóanyag a pásztázó elektronmikroszkóp alatt³⁴

A belül üreges üveggyöngy, kis méretei ellenére nagy szilárdságú termék, mely a mechanikus keverő berendezésben sem törik össze (lásd a 6. számú ábrát).

A Q-CEL 7014 üveggyöngy főbb adatai, pl.:

- szemcseméret 20-150 μm ;
- sűrűsége 0.15-0.28 g/cm^3 ;
- nyomószilárdsága 70 Pa.

³³ 3M AG. Glass Bubbles gyártmányismertető, p. 2.

³⁴ EMULITE is breaking new ground in bulk blasting – Nitro Nobel gyártmányismertető, p. 3.



6. számú ábra: Az emulzió, a keverő berendezés és a kész ANDO-ÉV gyutacsérzékeny emulziós robbanóanyag³⁵

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

Hazánkban kétféle emulziós robbanóanyagot gyártanak:

- az ENERGIA Ipari és Kereskedelmi Kft. emulziójának felhasználásával, jelenleg a MIKEROBB Kft., az Amerikai Egyesült Államokból származó licenz alapján gyártja az üveggyöngy érzékenyítésű, gyutacsérzéketlen ANDO-V, valamint a gyutacsérzékeny ANDO-ÉV robbanóanyag családot;
- Peremartonban a korábbi Ipari Robbanó Kft., jelenleg MAXAM Magyarország Kft., a német WESTSPRENG GmbH által kifejlesztett, gyutacsérzékeny gázbuborékos EMULGIT robbanóanyag családot³⁶ forgalmazza.

Ezekon kívül, a tatabányai székhelyű NOVEXPLO Robbantástechnikai Kft., a cseh EMSIT 1 és EMSIT M,³⁷ valamint az osztrák LAMBREX-1³⁸ emulziós robbanóanyagokat

³⁵ Foto – a szerző

³⁶ Bővebben lásd Tóth József, Az emulziós robbanóanyagok története és katonai alkalmazhatóságának lehetősége, Műszaki Katonai Közlöny, 2007/1-4. összevont szám, pp. 157-169.

forgalmazza Magyarországon. A hazánkban beszerezhető emulziós robbanóanyagok fontosabb adatait, az 1. számú melléklet tartalmazza.

2007-ben a spanyol MaxamCorp Holding, S.L. felvásárolta a német Westpreng GmbH-t, és ezzel együtt a korábbi Ipari Robbanó 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 partner vállalatnál keresztül (a vállalatnál egyedül a HANAL 1 U, ANDO típusú robbanóanyag gyártása maradt meg).³⁹ A legfrissebb információ a cégről: a MAXAM 2015-ben kivonul Magyarországról, a peremartoni gyártelep bezárásának adminisztratív munkái folynak jelenleg.

A vizsgált emulziós robbanóanyagok előnyös tulajdonságai:

- ammónium-nitrát bázisú robbanóanyagként, viszonylag magas detonációsebesség (4000-5000 m/s)⁴⁰;
- 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 fűrőlyukból;
- 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-által⁴¹ gázolaj tárolási és szállítási kategóriába tartozik. Mikrogyönggyel bekevert állapotban is a gyutacsérzéketlen ANDO-V csak nagyenergiájú indítótöltettel (min. 200 g-os TNT préstest) iniciálható;
- robbanásuk során nem keletkeznek mérgező gázok: mivel oxigénegyenlegük közelít a nullához, így döntően széndioxid és vízgőz szabadul fel (a trotilé negatív, több mint – 70 %, ezért robbanásakor többek között szén és szénmonoxid 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).

³⁷ Gyártó a cseh Explosia A.S. (Pardubice-Semtín)

³⁸ Austin Powder GmbH (Lambrecht)

³⁹ Részletesen lásd: <http://maxam-magyarorszag.hu/index.php?page=bemutakozas>

⁴⁰ az ammónium-nitrát alapanyagú, por alakú ipari robbanóanyagoknál ez az érték, általában 2000-3000 m/s.

⁴¹ A veszélyes áruk nemzetközi közúti szállításra vonatkozó európai megállapodás (ADR)

2.1.5.1. Összehasonlító földrobbantási kísérletek emulziós robbanóanyagokkal

1. Türr István Műszaki Ezred gyakorlótere, Baja, 1993. október 27.⁴²

A kísérleti robbantások során, a Magyarországon ANDO-V (vízálló ANDO) néven 1992-ben engedélyezett, mikrogyöngy érzékenyítésű ipari emulziós robbanóanyag hatását vetettük össze, a trotiléval.⁴³

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 sűrűség 1.4 g/cm³;
- oxigén egyenleg -0.645 l/kg;
- robbanási hő 3.28 kJ/kg;
- robbanási nyomás 58.0 kbar;
- detonációsebesség 4800-5600 m/s (a töltetátmérő és az emulzió %-os mennyiségének függvénye);
- fajlagos gáztérfogat 1021.0 l/kg;
- relatív energia az ANDO-hoz viszonyítva 1.55.
- az ENERGIA Kft. jelenlegi gyártóberendezése (konténerben), óránként 7 t 100 %-os emulzió gyártására képes, vagyis mindenféle központi tartalék-képzés nélkül, válsághelyzet esetén napi 70 t alapanyag állítható elő, ha csak minimális tizórás műszakkal számolunk⁴⁴; a MIKEROBB Kft. az emulzióhoz 1 %-ban keverve üveggyöngyöt, gyutacsérzékenlen ANDO-V, 2.5 %-os üveggyöngy tartalommal pedig, gyutacsérzékeny ANDO-ÉV⁴⁵ 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 üveggyöngy ausztrál gyártmány⁴⁶, de korlátlan tárolhatósági ideje miatt központi készlet raktározható belőle, vagy a hazai gyártás beindítható⁴⁷;
- ha a helyszínen keverjük az érzékenyítő anyagot az emulzióba, és pár órán belül elvégezzük a robbantást, akkor az üveggyöngy mikroperlittel is helyettesíthető;

⁴² 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

⁴³ 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

⁴⁴ Jelenleg, a kizárólagos ANDO-ÉV gyártó MIKEROBB Kft. részére, évi 500-700 t emulziót szállít, az ipari robbantási igények szerint

⁴⁵ 365/1997/1. (Bá. K. 3.) MBH: ANDO-ÉV robbanóanyag műszaki követelményei

⁴⁶ Potters Industries Q-CEL 7014 - www.potterseurope.com – letöltés 2010. augusztus 9.

⁴⁷ Pl. a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet is gyártott üveggyöngyöt. Előzőekben lengyel és német (3M) üveggyöngyöt is alkalmaztak a gyártáshoz

- az éghajlati és időjárási viszonyoktól függetlenül tárolható és felhasználható: az emulziós robbanóanyag vízhatlan, az ANDO-hoz 30 %-ban keverve az is vízhatlanná válik⁴⁸;
- -25°C és +70°C között biztonságosan használható;
- a szenzibilátor a helyszínen könnyen bekeverhető: az említett próbarobbantás során vaskádban, gereblyével történt az üveggyöngy bekeverése, de ugyanez akár egy betonkeverővel is megoldható, pl. a szakasztámpontban;
- a robbantólyukba való betöltés is egyszerű:
 - történhet, pl. kőműveskanállal;
 - ennél a próbarobbantásnál egy kézi terménydarálóhoz hasonló egyszerű (csapatműhelyben könnyen és olcsón legyártható) töltényező berendezést használtunk, mellyel a vegyivédelmi csapatok által használt napalm-imitációs 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 földfúróval fúrt 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;
- szenzibilátorral való bekeverés után is, az ANDO-V csak legalább 200 g-os TNT préstesttel indítható;
- helyszínen is bekeverhető robbanóanyagról lévén szó, nagyon fontos a felhasználás előtt, annak 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 acélcsövet kell ráhegeszteni, egy 20 mm vastag kazánlemezre; a csövet fel kell színiútgig tölteni emulzióval, majd egy felülről ráfektetett 200 g-os TNT préstesttel (akár egy árokban elhelyezve) felrobbantani; amennyiben a robbanóanyag átüti a kazánlemez, a bekevert emulzió munkavégző képessége megfelelő, az anyag biztonságosan felhasználható;
- elektrosztatikus feltöltődésre érzéketlen, az áramot nem vezeti, így nem megfelelően szigetelt elektromos hálózat esetén sem fenyeget a töltet állvamaradásának 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.

⁴⁸ Az USA-ban nehéz ANFO (hevy ANFO) néven alkalmazzák

1/a. Harckocsi tüzelőállás robbantását hajtottam végre FRT-5 földrobbantó töltetek alkalmazásával és ANDO-V-100 robbanóanyaggal:

- a töltetek elhelyezése az FRT-5 -höz megadott típusvázlat alapján történt⁴⁹;
- 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:

$$\frac{\text{mélység}_{\text{ANDO-V-100}}}{\text{mélység}_{\text{FRT-5}}} = \frac{1.5\text{m}}{1.4\text{m}} * 100 = 107\%$$

$$\frac{\text{felső.szélesség}_{\text{ANDO-V-100}}}{\text{felső.szélesség}_{\text{FRT-5}}} = \frac{4.6\text{m}}{4.6\text{m}} * 100 = 100\%$$

$$\frac{\text{hosszúság}_{\text{ANDO-V-100}}}{\text{hosszúság}_{\text{FRT-5}}} = \frac{11.7\text{m}}{21.0\text{m}} * 100 = 97.5\%$$

1/b. Harckocsiárok robbantását hajtottam végre 400 g-os TNT préstestek és ANDO-V-100 robbanóanyag alkalmazásával:

- **A töltetszámítás kiinduló adatai:**
 - árok visszamaradó mélysége, $p = 1.75$ m
 - árok felső szélessége, $B = 6.5$ m
 - töltet hatásmutatója, $n = 2.0$
 - n -től függő tényező, $M = 5.17$
 - talaj homok, $K = 1.0$; $a = 0.5$
- **Számítás⁵⁰:**
 - rombolási sugár:
 $p = a * r$; $\Rightarrow r = p/a = 1.75/0.5 = 3.5$ m * 2 > $B = 6.5$ m
 - legkisebb ellenállási vonal
 $n = r/h$; $\Rightarrow h = r/n = 3.5/2.0 = 1.75$ m
 - egy töltet tömege:
 $C = K * M * h^3 = 1.0 * 5.17 * 1.75^3 = 27.7 \Rightarrow 28.0$ kg TNT
 - töltetek egymástól való normál távolsága:
 $a_n = 0.7 * h * (n^2 + 1)^{1/2} = 0.7 * 1.75 * (2.0^2 + 1)^{1/2} = 2.73 \Rightarrow 2.7$ m

A robbantás 4-4 töltettel került végrehajtásra, a tüzelőállás robbantásánál ismertetett egyéb körülmények között. Az ANDO-V-100 robbanóanyagból – a 2*400 g TNT indítótöltetet figyelembe véve – 27 kg-t töltöttünk be lyukanként.

⁴⁹ Mű/243. Műszaki szakutasítás a nem műszaki alegységek számára, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1978. 190-191. oldalak, 83. ábra szerint

⁵⁰ A Mű/243. Robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971., vonatkozó előírásai alapján

A robbantás eredményeinek értékelésekor a kialakított árkok geometriai jellemzőinek viszonya a következő volt:

$$\frac{\text{mélység}_{\text{ANDO-V-100}}}{\text{mélység}_{\text{TNT}}} = \frac{1.6\text{m}}{1.7\text{m}} * 100 = 94\%$$

$$\frac{\text{felső.szélesség}_{\text{ANDO-V-100}}}{\text{felső.szélesség}_{\text{TNT}}} = \frac{6.2\text{m}}{5.8\text{m}} * 100 = 106.8\%$$

$$\frac{\text{hosszúság}_{\text{ANDO-V-100}}}{\text{hosszúság}_{\text{TNT}}} = \frac{12.9\text{m}}{11.4\text{m}} * 100 = 113\%$$

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 gyárt és forgalmaz, a korábbi Ipari Robbantó Kft., jelenleg MAXAM Magyarország Kft. Peremartonban:

- korábban az EMULGIT 42 GP-t kizárólag külszíni, az EMULGIT 42 G-t pedig külszíni és földalatti alkalmazásra egyaránt;
- jelenleg az Emulgit Emex AN gyutacsérzékeny, továbbá az Emulgit 82GP és LWC gyutacsérzékeny, gázbuborékos érzékenyítésű emulziós robbanóanyagokat gyártják⁵¹;
- a gázbuborékokkal érzékenyített emulziók is rendelkeznek mindazon előnyös tulajdonságok legtöbbszörével, melyeket az ANDO-V-100 robbanóanyagnál áttekintettünk; kivételt képez, hogy helyszíni bekeverése csak speciális keverőtöltő 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 (ez által az épített környezetre még ellenséges behatás esetén sem jelent veszélyt); ugyancsak korlátozza a felhasználását, a csak 0°C feletti alkalmazhatóság.

2.1.5.2.MH Technológiai Hivatal, Lőkísérleti és Vizsgáló Állomás, Táborfalva, 2001. március 22.⁵²

A kísérleti robbantás során három különböző emulziós ipari robbanóanyag, és a trotil hatását vetettük össze, harcokcsíárok robbantás során.

Az alkalmazott ipari robbanóanyagok:

- EMULGIT 42 GP: gázbuborék érzékenyítésű, gyutacsérzékeny emulzió (német Westspreng licenz, hazai gyártású, Ipari Robbantó Kft.⁵³);

⁵¹ Részleteiben lásd a www.iparirobbano.hu weboldalon – *azóta megszűnt*

⁵² A robbantást megtekintették az OMBKE Robbantástechnikai Szakbizottság, az ÉTE Robbantástechnikai Szakbizottság, az MHTT Műszaki szakosztály tagja, továbbá a Magyar Honvédség érdeklődő szaktisztjei (mintegy 100 fő).

⁵³ Jogutódja a MAXAM Hungária Kft.

- 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.⁵⁴).

1. számú táblázat

Az alkalmazott robbanóanyagok jellemzőinek összehasonlítása:

Robbanóanyag/ jellemzők	Sűrűség [g/cm ³]	Robbanási gáztérfogat [l/kg]	Robbanáshő [kJ/kg]	Oxigén egyenleg [%]	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 vázoljuk néhány mondatban a vizsgálat során alkalmazott robbantási eljárást.

A feladat: harckocsiárok robbantása homoktalajban.

A harckocsiárok olyan nem robbanó műszaki zár, melynek feladata a támadó, nagy tűzerővel és manőverező képességgel rendelkező, páncélozott harcjárművek, harckocsik fizikai feltartóztatása.

Főbb méretei:	mélysége	1.75 – 2.00 m
	f első szélessége legalább	5.50 – 6.00 m
Kiinduló adatok	árok visszamaradó mélysége p	p = 1.75 m
	árok felső szélessége	B = min. 5.5 m
	a talaj homok	K = 1.0
		a = 0.5
	töltet hatásmutatója	n = 2
		M = 5.17

Számítás⁵⁵

⁵⁴ Jogutódja az Energia Ipari és Kereskedelmi Kft.

Rombolási sugár $r = p / a = 1.75 / 0.5 = 3.5 \text{ m}$

Árok felső szélessége $2 * r = 2 * 3.5 = 7.0 \text{ m} > B = 5.5 \text{ m}$

A legkisebb ellenállási vonal $h = r / n = 3.5 / 2 = 1.75 \text{ m}$

Egy töltet tömege: $C = K * M * h^3 = 1.0 * 5.17 * 1.75^3 \approx 27.8 \text{ kg}$

A töltetek egymástól való távolsága:

$$a_n = 0.7 * h * \sqrt{n^2 + 1} = 0.7 * 1.75 * \sqrt{2^2 + 1} = 2.74 \text{ m}$$

A töltetek száma $N = 3 \text{ db}$

Összes robbanóanyag szükséglet $\Sigma C = N * C = 3 * 27.8 \text{ kg} = 83.4 \text{ kg}$

Biztonsági távolság $L_b = 140 * n * \sqrt{h} = 140 * 2 * \sqrt{1.75} = 370 \text{ m}$

A robbantások körülményeit és hatásait a kísérleti jegyzőkönyvek adatainak alábbi összefoglalása tartalmazza:

Tárgy: Az ANDO-V-100, az EMULGIT 42GP, az EMSIT-M és a TNT robbanóanyagok összehasonlítása földrobbantási munkák során: Árok robbantása a fenti töltetekkel.

Időpont: 2001. 03. 22.

Helye: HM TH Lőkísérleti és Vizsgáló Állomás (Táborfalva – 13 000 pont)

Talaj: homok

Időjárás: esős, nyirkos

Töltet furat átmérője: 150 mm

A fúrt lyukak mélysége: a trotilnál 1,75 m, az emulziós robbanóanyagoknál 2 m

Töltetek száma: egy sorban 3 db

Töltetek egymástól való távolsága: 2,75 m

Indítótöltet lyukanként: 2 db 400 g-os TNT préstest

Alkalmazott gyutacs típusa: SVG-840

Különleges körülmény a robbantás során: az emulziós robbanóanyagoknál, a tervezett 25 kg robbanóanyag betölthetősége indokolta a megnövelt töltet elhelyezési mélységet, a 150 mm átmérőjű lyukba.

⁵⁵ Az 1. számú mellékletben bemutatott folyamatára szerint, a Mű/243. Robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971. vonatkozó előírásai alapján

A robbantások eredményei:

2. számú táblázat

Trotíl és emulziós robbanóanyagok összehasonlító robbantási kísérletének eredményei

Robbanóanyag	Egy töltet tömege [kg]	Árok mélység [m]	Árok felső szélesség [m]	Árok felső hosszúság [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, az eddig kizárólagosan alkalmazott trotílt. Az üvegyöngy 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 rendszeresítésére⁵⁶.

2. 1. 6. A szabvány, pót- és szükség robbanóanyagok elmélete

A vizsgálatok és a kísérleti robbantások eredményei alapján, az alábbiak szerint javaslom 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 pót-robbanóanyag és a szükség robbanóanyag fogalmát:

Szabványos robbanóanyagok azok a készítmények, melyek:

- a gyakorlati felhasználás követelményeinek maximálisan megfelelnek;

⁵⁶ Javaslat a műszaki harcanyagok és harceszközök fejlesztésének irányaira – tanulmány az MH MŰTSZF szolgálat főnök részére. Bedolgozva az MH Szárazföldi Vezérkar, vezérkari főnöknek készített, „Jelentés a műszaki harcanyagok helyzetéről – a MH Összhaderőnemi Logisztikai Parancsnokság parancsnokának előterjesztése a Honvéd Vezérkar számára, nyt. szám: 1402/2001” c. anyagba, p. 9-11.; 13.

- békeidőszakban (külső források felhasználásával is) beszerezhetők;
- velük a gyári szerelésű töltetek előkészíthetők, illetve az utász robbanóanyag töltetek (préstestek, összpontosított és nyújtott töltetek) készíthetők;
- a szabvány robbanóanyagokból központi tartalék képzendő az eddigi elvek szerint;
- a szabványos utász robbanóanyag kezelésére a Magyar Honvédség minden katonáját ki kell képezni.

Pót-robbanóanyagok 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 pót-robbanóanyagból központi tartalék képzése nem szükséges, konfliktus helyzet 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 alkalmasak (pl. száraz viszonyok között, pozitív hőmérsékleten, stb.);
- lehetőség szerint hazai nyersanyagból, hazai gyártóbázison tömegesen előállíthatók;
- belőlük központi tartalék nem képzendő, konfliktus helyzet esetén az igények felfuttatott gyártással elégítendőek ki;
- a legfontosabbak kezelésére a műszaki csapatok megfelelő alegységei már békeidőszakban kiképzésre kerülnek.

2. A Magyar Honvédség szabvány robbanóanyagaként továbbra is javasolható a trotil és ennek keverékei (hexotol, pentritol stb.).

3. A Magyar Honvédség pót-robbanóanyagaként alkalmazható az ANDO-V és ANDO-ÉV, üveggyöngy érzékenyítésű emulziós robbanóanyag, melyet földrobbantási feladatokhoz célszerű felhasználni. Megfelelő mennyiségű előállítása 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.

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, hazai gyártású emulziós robbanóanyagok (jelenleg ezek közül az EMULGIT Emex AN, az EMULGIT 82 GP és az EMULGIT LWC állnak rendelkezésre);
- nedves lyukakba, +4 °C fölött a robbanóanyag (amennyiben hazánkban gyártásra kerül);
- speciális esetekben, szükség robbanóanyagként alkalmazhatók azok a külföldi beszerzésű, hazai alkalmazású ipari robbanóanyagok is, melyek megtalálhatók a különböző robbantó szervezetek raktáraiban (pl. Emsit, Lambrex, stb.);
- A jelzett robbanóanyagok ismeretére, kezelésük szabályaira legalább a műszaki-utás és -zárttelepítő tisztai és tiszthelyettesi állományt fel kell készíteni.

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 figyelembe vétele.

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 végbe⁵⁷ (külföldi szakirodalom szerint ez az érték 5-10 ms között is lehet).

Vagyis, ha pl. **egy kilométer harcokocsiárok 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 pillanathatású villamos gyutacsok alkalmazásánál), hanem egy, kb. 25 kg tömegű – töltetével!

A Magyar Honvédség jelenleg nem rendelkezik késleltetett működésű villamos gyutacsokkal, de még külső késleltetésű robbantógéppel⁵⁸ sem, mely a pillanathatású gyutacsokkal is lehetővé tenné a fenti példában jelzett, környezetkímélő robbantás végrehajtását.

A rendszeresített NONEL gyújtási rendszer, NORABEL ST MSD 25 ms késleltetésű csatlakozója, valamint 500 ms késleltetésű ST gyutacs segítségével viszont, ezzel a két

⁵⁷ 13/2010 (III.4.) KHEM rendelet az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatról – Magyar Közlöny 31. szám, 9762-9829. oldalak, 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 együttrobbantó töltetek mennyisége közül a legnagyobb.

⁵⁸ 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.

késleltetési fokozattal megoldható tetszőleges hosszúságú árok, fent vázolt módon történő, a szeizmikus hatásokat jelentősen csökkentő robbantása.

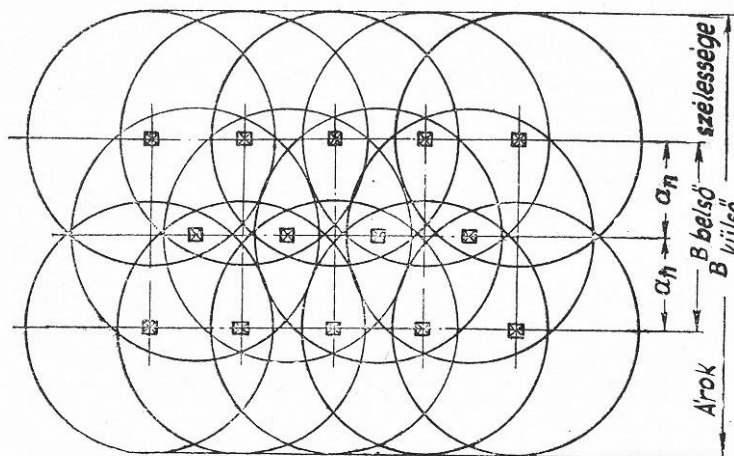
A továbbiakban más, ugyancsak a katonai földrobbantási munkák végzése során jelentkező feladatokon keresztül bizonyítjuk, a késleltetett működésű gyújtás, környezetkímélő robbantást elősegítő szerepét.

Amennyiben nagyszélességű 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 problémájával szembesülünk (lásd a 7. számú ábrát).

A minta-példa 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 sor töltetre van szükség.**

Jelenlegi előírásaink szerint⁵⁹, 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 gyutacsaival ez a feladat végrehajtható.



7. számú ábra: Három sorban elhelyezett összpontosított földrobbantó töltetek⁶⁰

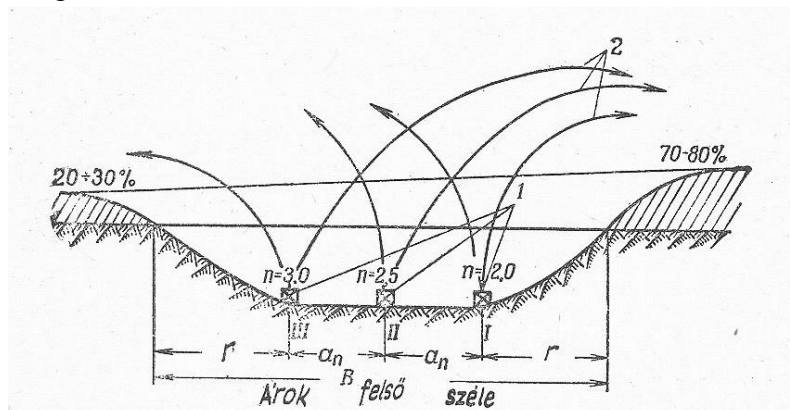
⁵⁹ Mü/213. Robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971. - 149. oldal, 172. pont

⁶⁰ Uo. 150. oldal, 88. ábra

A következő földrobbantási minta-példában, a talaj (kőzet) meghatározott irányba történő kidobása a követelmény.

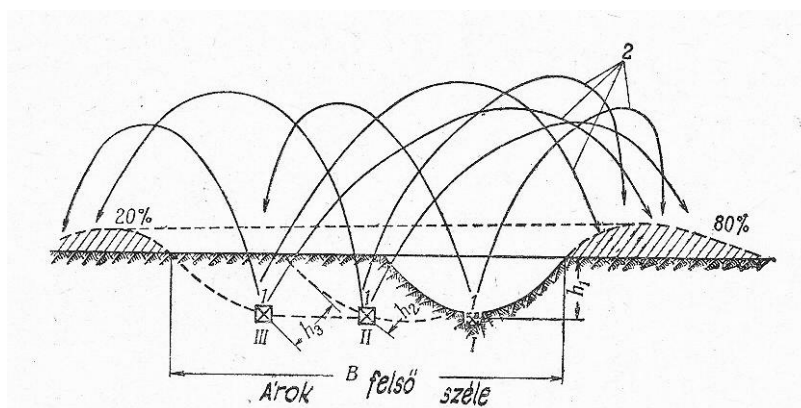
Itt is két lehetőségünk van⁶¹:

- Az eddig rendelkezésünkre álló, pillanathatású 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 8. számú 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!



8. számú ábra: Töltetek elhelyezése irányított, hajító robbantás, egy tűzben történő végrehajtásakor⁶²

- A NONEL késleltetett gyutacsával, a 9. számú ábra szerint kirobbantva a talajt, nincs szükség ilyen extrém mértékű töltettömeg növelésre, vagyis a fentiek szerint minden töltet tömege 28 kg lesz. Ez által sokkal gazdaságosabban és környezetkímélőbb módon tudunk robbantani.



9. számú ábra: Töltetek elhelyezése irányított, hajító robbantás soronként történő végrehajtásakor⁶³

⁶¹ Uo. 156-157. oldalak, 177. pont

⁶² Uo. 156. oldal, 93. ábra (megjegyzés: a Robbantási utasításban, a 92. és 93. számú ábrák címe felcserélésre került)

⁶³ Uo. 156. oldal, 92. számú ábra

A katonai-műszaki gyakorlatban nem csak árkok robbantásos készítését kaphatjuk feladatul, hanem pl. **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).

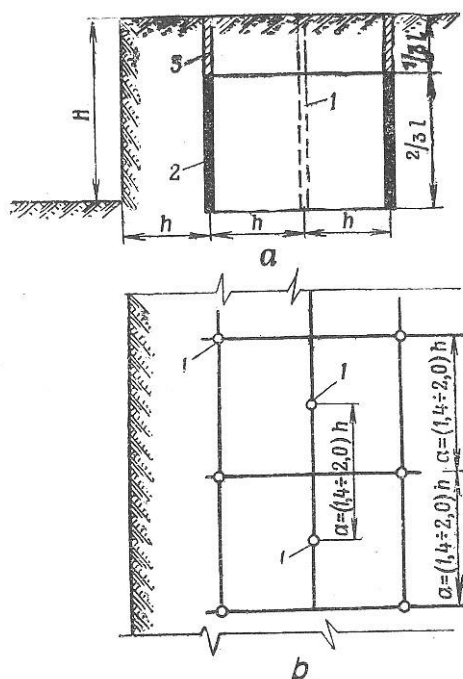
Jelenleg a **Magyar Honvédség** e követelmények szerint még nem tudja az ilyen jellegű robbantási feladatait megtervezni, hiszen nem került megvételre a NONEL rendszerhez kínált összes késleltetési idejű gyutacs és csatlakozó. A beszerzőnek itt a robbantó szakmai igényeit kellett összevetni, a katonai 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 gyutacsa és kapcsolója. A fúrt lyukas talajlazító robbantásnál** ugyanis megint két lehetőségünk adódik a Robbantási utasítás szerint⁶⁴:

- Amennyiben késleltetett gyutacsunk van, akkor a kezdővágattal párhuzamosan elhelyezett soroknál, a második és további sorokat az első sorhoz képest késleltetve kell robbantanunk. Ezáltal biztosítjuk, hogy minden sor, szabad kezdővágat irányába omlhasson le (lásd a 10. számú ábrát).
- Késleltetett gyutacsok hiányában, a második és további sorok esetén a töltetsorok egymástól való távolságát az előtét (legkisebb ellenállási vonal - h) a 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 pl. mészkövet robbantunk egy 5 m lépcsőmagasságú bányában, ahol a kezdővágat szélessége 100 m, akkor **1 sor töltettel, mintegy 1125 m³ követ tudunk lefejteni.** Amennyiben a további sorok robbantását késleltetni tudjuk az első sorhoz képest, akkor ez a kőzetmennyiség 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 m³ kő jövesztése biztosítható.**

⁶⁴Uo., 161. oldal, 184. pont.



10. számú ábra: Fúrt lyukban elhelyezett töltetek, talaj, szikla lazító robbantásakor⁶⁵

A fenti példák úgy gondolom, kellőképpen bizonyítják, hogy a NONEL gyújtási rendszer késleltetett gyutacsainak a 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 pl., a bemutatott földrobbantási feladatokhoz nagy mennyiségű gyutacs szükséges, nem megfelelkezve a fő és a tartalék gyújtóhálózat kötelező meglétéről sem;
- a másik a logisztika kérdése – az adott feladathoz, adott típusú és mennyiségű eszköz biztosítása.

A biztos és viszonylag olcsó megoldást továbbra is, a küldő késleltetésű robbantógépek rendszerbe állítása jelentheti, melyek a meglévő, és a NONEL-nél lényegesen olcsóbb pillanathatású villamos gyutacsokkal biztosítanak, a föld- és kőzetrobbantási munkák robbanóanyag takarékos, egyben környezetkímélő végrehajtását.

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

⁶⁵ Uo. 159. oldal, 95. számú ábra

töltetek (valóban sokkal munka- és időigényesebb) alkalmazásával szemben a külső, szabadon felfektetett, sőt a közbehelyezett töltetekkel való robbantás került előtérbe.

Harc helyzetben 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. 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 az alábbi előnyei az alábbiak:

a./ Jelentősen csökkenthető a robbanóanyag felhasználás és ez által a környezeti hatás, amit az alábbi példával bizonyítunk.

Romboljunk egy 60 * 70 cm-es vasbeton oszlopot, a beton kiütésével számolva:

$$A = 5^{66}$$

- külső szabadon felfektetett töltet esetén: $B = 9$; $R = H = 0.6 \text{ m}$;⁶⁷

ahol A - a robbantandó szerkezet anyagától függő tényező

B - fojtási tényező

R - a rombolási sugár [m]

H - a robbantandó szerkezeti elem vastagsága [m]

$$C = A * B * R^3 = 5 * 9 * 0.6^3 \approx 9.8 \text{ kg TNT}$$

- fészekben elhelyezett töltet (az egyszerűbb, de a rombolás hatékonyságát csökkentő, fojtás nélküli kivitelezés) esetén: $B = 5$; $R = H = 0.6 \text{ m}$;

$$C = 5 * 5 * 0.6^3 = 5.4 \text{ kg TNT}$$

- a szerkezet 1/3-ában elhelyezett összpontosított töltettel (fojtással):

$$B = 1.5; \quad R = 2/3 \quad H = 0.4 \text{ m};$$

$$C = 5 * 1.5 * 0.4^3 = 0.48 \text{ kg TNT}^{68}$$

- a szerkezet 1/2-ében elhelyezett összpontosított töltettel (fojtással):

$$B = 1.15; \quad R = 1/2 \quad H = 0.3 \text{ m};$$

$$C = 5 * 1.15 * 0.3^3 \approx 0.16 \text{ kg TNT}$$

Amennyiben falban, lemezben akarunk nyílást robbantani, a helyzet még kedvezőtlenebb szabadon felfektetett összpontosított töltetek esetén, mivel a számított

⁶⁶ Mű/213. Robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971. 119. oldal, 8. táblázat

⁶⁷ Uo. 120. oldal, 9. táblázat

⁶⁸ A préstestekre való kerekítést most szándékosan nem alkalmaztam, a jobb szemléltetés céljából

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 a robbanóanyag mennyiség növelésére viszont 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, pl. 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 kívánandó 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 őket 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 fúró- és vésőeszközök azok, melyek egyedüli gátját képezik a töltet helyek 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, harc helyzetben továbbra is az idő és a feladat maradéktalan végrehajtása az egyedüli szempont.

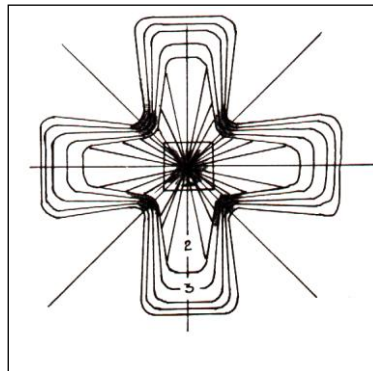
2. 4. Lineáris vágótöltetek a katonai és az ipari gyakorlatban

A fémből készült szerkezetek vágása, darabolása, bontása mindig komoly feladatot jelentett úgy a katonák, mint a polgári bontó szakemberek részére. Könnyen belátható, hogy harc helyzetben, a „gyorsan és hatékonyan” követelményének nehéz eleget tenni, ha pl. egy acélhíd 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 fémszerkezeti elemek robbantási szabályainak fejlődését vizsgálva a katonai robbantástechnikában azt tapasztaljuk, hogy az itt alkalmazott idomtöltetek elkészítése a rendszeresített préstestek alkalmazásával bonyolult, a töltetmennyiség pedig nagy, ezáltal a robbanás környezeti hatása (repesz, 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 nem csak 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 11. számú 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.



11. számú ábra: A robbanási gáztermékek kiterjedése és a lökőhullám kialakulása az összpontosított töltet közvetlen környezetében⁶⁹

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.

2. 4. 1. A kumulatív hatás – a Munroe-effektus

A robbanás irányított hatásáról először **Franz Xavier von Baader**⁷⁰ 1792-es **tanulmányában**⁷¹ olvashatunk, aki fúrólukokban alkalmazott üreges kiképzésű töltetet. Egészen pontosan: Baader a fúrólukok 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 ténylegesen a robbanás irányított hatását fedezte volna fel Baader, tekintve, hogy feketelőporral robbantott, mely nem detonál, így a szükséges nagyságú lökőhullám sem jön létre. Csak emlékeztetünk arra, hogy az első valóban nagyhatóerejű brizáns robbanóanyagot 1845-ben találta fel Friedrich Schönbein

⁶⁹ Szalamahin, T. M.: Osznovi modelirovanija i bojevaja effektivnoszt zarjadov razrusenija – I. rész., Kujbisev Katonai Műszaki Akadémia, Moszkva, 1984. p. 70.

⁷⁰ Német teológus és filozófus, aki emellett bányamérnökként is dolgozott

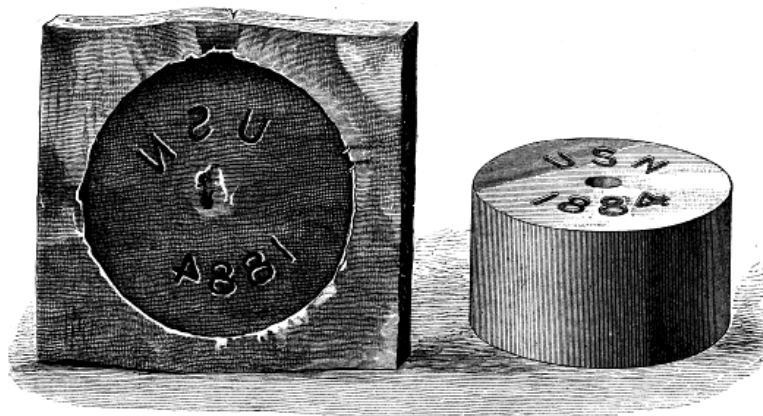
⁷¹ F. Baader: INVESTIGATION OF A THEORY OF BLASTING (Versus einer Theorie Der Sprengarbeit) .Berjmannscheics Journal Von Kohler und Hoffman, v.I. Mar. 1972. 193-212. (Donald R. Kennedy: History of the shaped charge effect – The First 100 Years, p. 65. alapján)

(nitrocellulóz), Sobrero 1846-ban fedezte fel a nitroglicerint, detonáció elmélettel Bertholet és Vielle 1881-1882-ben kezdett el foglalkozni.

Ennél mélyrehatóbban kutatta a robbanás irányított hatását **Max von Foerster**⁷², aki **1883-as tanulmányában** mutatta be nitrocellulóz töltetbe préselt formák hatását, öntöttvas lemezen⁷³.

Düsseldorfban **Gustav Bloem 1886-ban** készítette el azt az új gyutacs hüvelyt, melynek talpán félgömb alakú bemélyedést alakítottak ki, ezzel növelve az iniciálás hatékonyságát⁷⁴.

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 préstesztbe belenyomott azonosító betűk és számok lenyomata megjelent a lemezen (12. számú 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).⁷⁵



12. számú ábra: Munroe kísérlete⁷⁶

A Munroe-effektus lényege tehát az, hogy ha a robbanóanyagba üreget, mélyedést készítenek, akkor a töltet robbanása során ezen a helyen a robbanási gáztermékek összetartó áramlása következik be a fentebb bemutatott törvényszerűség alapján, amennyiben a robbanási gáztermékek a töltet oldalfalára merőlegesen mozdulnak el. Ebben az összetartó

⁷² Emiatt német nyelvterületen, a kumulatív hatást sok helyen a mai napig Foerster-effektusnak nevezik

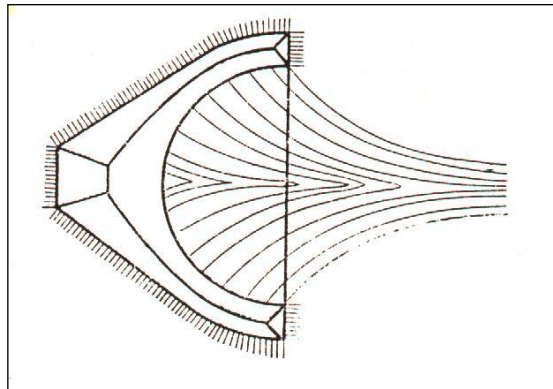
⁷³ Morrison JJ, Mahoney PF, Hodgetts T.: Shaped charges and explosively formed penetrators: background for clinicians (JR Army Med Corps 153(3), pp. 184-187)

⁷⁴ Amerikában, ugyanebben az évben kért Bloem szabadalmi védelmet eljárására „Shell for detonating caps” néven (Donald R. Kennedy: History of the shaped charge effect – The First 100 Years, p. 67. alapján)

⁷⁵ <http://famousamericans.net/charlesedwardmunroe/>, Edited Appletons Encyclopedia, Copyright © 2001 Virtualology™ – letöltés 2010. június 12.

⁷⁶ Charles E. Munroe: Modern explosives, Scribner's Magazine, Vol. III. p. 574., 1888.

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 földalatti robbantásnál a környező közeg megakadályozza az összetartó robbanási gáztermék-sugár kialakulását.



13. számú ábra: A robbanási gáztermékek áramlása, bélés nélküli kumulatív töltet esetén⁷⁷

1894-ben Munroe elkészítette az **első fémbéléses kumulatív töltetet** is, dinamittal burkolva be egy üreges bádogdobozt⁷⁸, 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 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 kapcsolatban⁷⁹.

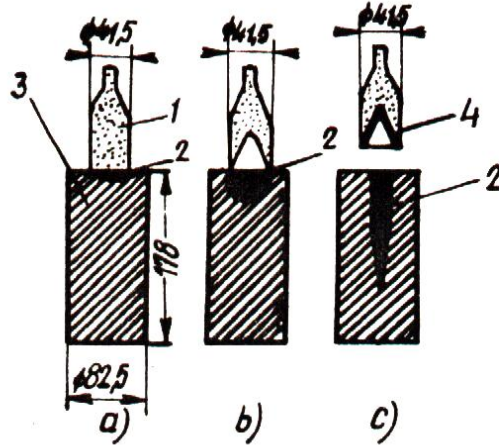
1939-ben, a szintén német **Franz Rudolph Thomanek** újból felismeri Munroe fentebb említett megfigyelését, hogy az irányított hatás növelhető, ha az üreg belső felületét **fém**

⁷⁷ Szalamahin, T. M.: Osznovi modelirovanija i bojevaja effektivnoszt zarjadov razrusenija – I. rész., Kujbisev Katonai Műszaki Akadémia, Moszkva, 1984. p. 71.

⁷⁸ Arran Gordon: Explosive Applications for Industry and Defense (Havoc Industries Pty Ltd. 19-Oct-06.

⁷⁹ Donald R. Kennedy: History of the shaped charge effect – The First 100 Years, Originally prepared for presentation at the 100th Anniversary of the Discovery of the Shaped Charge Effect By Max Von Foerster, observed at MBRR Schrobenuhausen, West Germany, 20-22 September 1983.

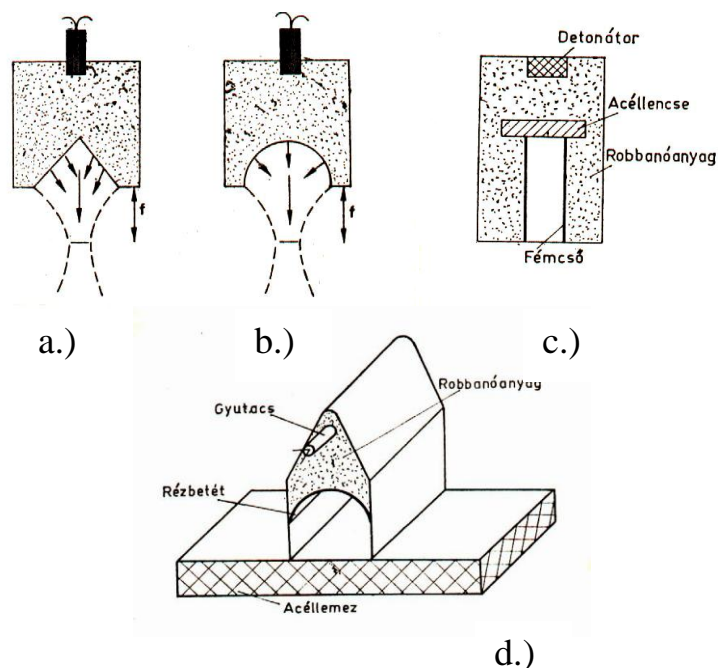
béléssel borítják (erről már a fenti WASAG szabvány is tesz említést). További lépést jelentett annak felismerése, hogy a hatásfok növelhető, ha a töltetet nem magára a robbantandó tárgyra, hanem attól meghatározott távolságra, az úgynevezett fókusztávolságra helyezték el (14. számú ábra).



14. számú ábra: A kumulatív töltetek fejlődése⁸⁰

A különböző országokban folyó kutatások eredményeként felfedezték, hogy különböző fémeket alkalmazva betétanyagként, ugyanazon tömegű és kialakítású kumulatív töltetnél, más-más hatás érhető el. A kísérletek az is bizonyították a továbbiakban (lásd a 15. számú ábrát), hogy nem csak a kúpos kialakítású (a) üreges töltetek robbanásakor figyelhető meg a kumulatív hatás, hanem félgömb alakú (b), sőt hengeres üregeknél esetén (c) is. Végezetül bebizonyosodott az is, hogy a kumulatív hatás nem csak összpontosított (koncentrált) töltetek esetén érhető el, hanem nyújtott, úgynevezett lineáris vágótölteteknél is (d).

⁸⁰ ANDREJEV, K. K.- BELJAJEV, A. F.: A robbanó anyagok elmélete, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1965. 665. oldal, 9.15. ábra



15. számú ábra: Kumulatív töltet típusok⁸¹

2. 4. 2. 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 vegyészmérnök, **Henry Hans Mohaupt** zürich-i 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 páncéltűrő képessége csak 50 mm volt, amely kevésnek bizonyult már az akkori német harckocsik ellen is.

A háború kitörését követően, Mohaupt meghívást kapott 1940-ben az Amerikai Egyesült Államokba, ahol vezetésével elkezdődött a „**Bazooka project**”⁸². 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.

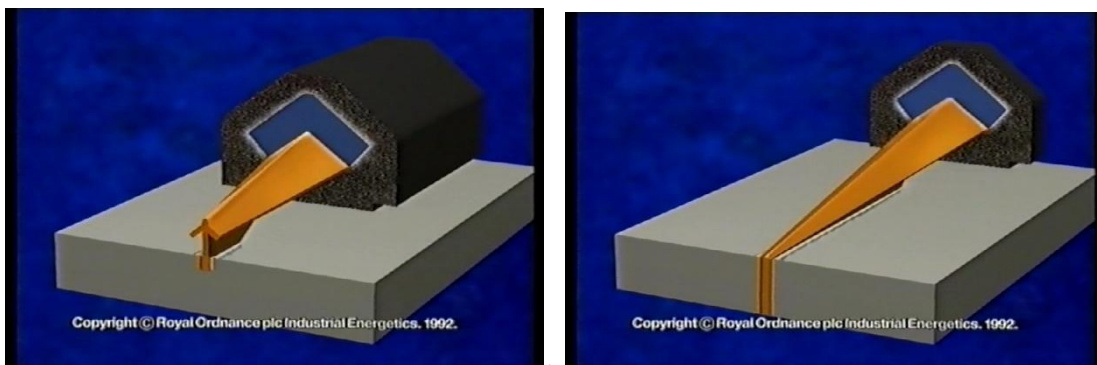
⁸¹ Dr. Bohus – Horváth – Papp: Ipari robbantástechnika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983. 2.20.; 2.25.; 2.26. ábrák alapján, p. 51., 54.

⁸² Az elnevezést egy akkoriban népszerű amerikai komikus, Bob Burns, házi készítésű fúvós hangszeréről (pozan) kapta, mely tölcser alakú végződésekkel ellátott csődarabokból állt, és valóban hasonlított egy rakétavető szerkezetre. (Donald R. Kennedy: History of the shaped charge effect – The First 100 Years, p. 11. alapján)

A robbanás irányított hatásának a mind tökéletesebb megismerését, valamint a fejlesztéseket nagymértékben fellendítette a **röntgen-impulzus elven történő fényképezés**⁸³ alkalmazása (1941.: Seely – USA; Tuck – UK; Schumann, Schardin – Németország)⁸⁴.

2. 4. 3. Kumulatív töltetek az ipari robbantástechnikában

Bár a kumulatív töltetek gyakorlati alkalmazásában, a haditechnika állt az élen a kezdeti időkben, a mai, korszerű ipari robbantástechnika egyes feladatainál szintén előtérbe került a robbanás irányított hatásának felhasználása. A nagymélységű fúrólukak (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 pontossággal munkát végezni (lásd a 16. és 17. számú ábrákat).



16. számú ábra: A lineáris vágótöltet működése⁸⁵



17. számú ábra: Precíziós vágás BLADE lineáris vágótöltettel⁸⁶

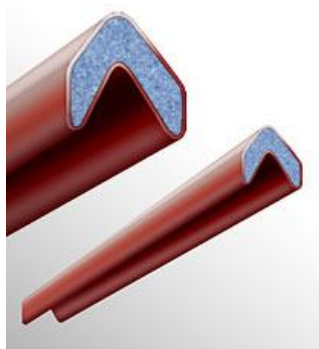
⁸³ flash x-ray photographs

⁸⁴ William Valters: A Brief History of Shaped Charges, 24th International Symposium on Ballistics, vol. 1, pp. 3–10, New Orleans, LA, 22–26 September 2008.

⁸⁵ BLADE, the cutting edge (a Royal Ordnance plc Industrial Energetics, England, termékbemutató videófilmje, 1992.)

⁸⁶ Uo.

A lineáris vágótöltetek egyik nagy családja merev burkolattal készül (18. számú ábra). A töltetknél magas hatóerejű brizáns robbanóanyagokat alkalmaznak (lásd a 3. számú táblázatot).



18. számú ábra: Dynawell vágótöltet⁸⁷

3. számú táblázat

LINEÁRIS VÁGÓTÖLTETEK ROBBANÓANYAGAI

Robbanóanyag	Detonációsebesség (m/s)	Sűrűség (g/cm ³)
RDX (hexogén)	8200	1.65
HMX (oktogén)	9100	1.84
PETN (nitropenta)	8300	1.70
HNS (hexanitrosilbene) ⁸⁸	6900	1.60
PYX (dinotropyridine) ⁸⁹	7200	1.68

Megjegyzés: plusz a fenti robbanóanyagok keverékei, octol, C 3, hexolite, hexotol, stb.

A jet-képző fém bélés anyaga a nagyméretű töltetek döntő többségénél réz, a kisebbeknél pedig, alumínium. Hőálló töltetek esetén ezüstöt is alkalmaznak⁹⁰.

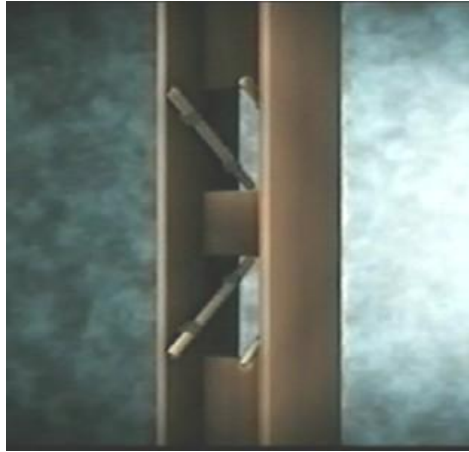
A töltetek általában 1-2 méter hosszúságban készülnek, a helyszínen darabolhatók. Felerősítésük egy-egy bonyolultabb tartóra meglehetősen nehéz, ezért a katonai gyakorlat számára nem ideálisak. Az ipari robbantástechnikai viszont széleskörűen alkalmazza őket, mivel a robbantási előkészítés során egyébként 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 (19. számú ábra).

⁸⁷ DYNAenergetics GmbH, Germany, Dynawell gyártmányismertető katalógusa alapján

⁸⁸ Drágább, mint az RDX, vagy a HMX, elsősorban magas hőmérsékletnél alkalmazzák

⁸⁹ Drágább, mint az RDX, vagy a HMX, elsősorban magas hőmérsékletnél alkalmazzák

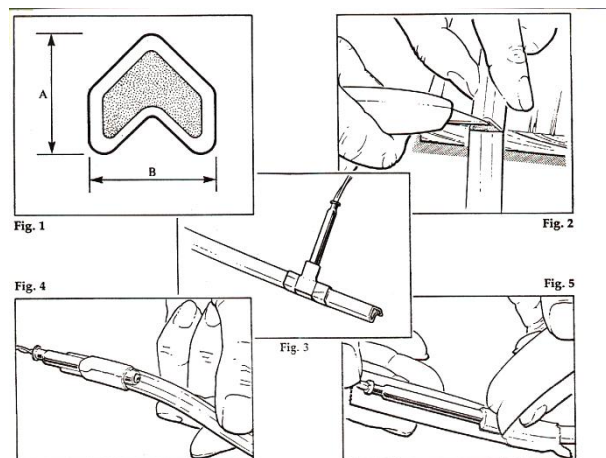
⁹⁰ Elsősorban az űrtechnikában alkalmazzák, a napi ipari gyakorlat számára túl drága lenne



19. számú ábra: Meggyengített tartó robbantása merev vágótöltettel⁹¹

A katonai gyakorlat számára nagyobb jelentőségűek a legújabb, **flexibilis (hajlékony) vágótöltetek**, melyek pontosan követik a robbantandó szerkezet formáját, a felerősítést pedig, egy tapadó fólia is segíti. A jet-képző fémbetét az esetek többségében ólom. A töltet a helyszínen a kívánt méretre szabható (lásd a 20. számú ábrát).

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.



20. számú ábra: A HALEY&WELLER lineáris vágótöltet és alkalmazása⁹²

⁹¹ Extreme explosions – Liverpool, Discovery Communications LLC., 2009. tudományos ismeretterjesztő filmje alapján.

⁹² A HALEY & WELLER, DARTCORD lineáris vágótöltet-család prospektusa (Wilne, Draycott, Derbyshire, England)

4. számú táblázat

HALEY&WELLER lineáris vágótöltet család főbb jellemzői I.⁹³

Jelölés	Töltet tömege (g/m)	Vágótöltet összömege (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

⁹³ Uo.

5. számú táblázat

HALEY&WELLER lineáris vágótöltet család főbb jellemzői II.⁹⁴

Jelölés	Lágyacél átütés (mm)	Keményfa átütés (mm)	Puhafa (mm)	Egysoros tégla fal (mm)	Dupla tégla fal (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

A brit a Royal Ordnance Industrial Energetics, BLADE típusú vágótöltete hasonlóan imponáló hatásatokkal rendelkezik:

6. számú táblázat

BLADE vágótöltet főbb adatai⁹⁵

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 (mm):

⁹⁴ Uo.

⁹⁵ BLADE, the cutting edge (a Royal Ordnance plc Industrial Energetics, England, termékbemutató videófilmje, 1992.)

- Sík felületen, a töltet-talppal megegyező irányban:
 - BLADE 100-240: 200 mm;
 - BLADE 450: 300 mm;
 - BLADE 1150: 400 mm.
- Hengeres felületen, a töltet-talpra merőlegesen:
 - BLADE 100-240: 50 mm;
 - BLADE 450-1150: 100 mm.

A BLADE töltet alkalmazható: - 21 oC és + 63 oC között.



21. számú ábra: BLADE flexibilis vágótöltet család⁹⁶

A cseh **Explosia**, a jól ismert Semtex robbanóanyaga felhasználásával állította elő **RAZOR Semtex lineáris vágótöltet családját**. A töltet (hexogén, nitropenta) detonációsebessége 7900 m/s. A gyártó általában 1 m-es hosszúságban készíti, a maximális töltethossz 2 m.



22. számú ábra: RAZOR SEMTEX lineáris vágótöltet család⁹⁷

⁹⁶ Uo.

⁹⁷ Az Explosia gyártmányismertető CD-je alapján

7. számú táblázat

RAZOR-SEMTEX lineáris vágótöltetek fontosabb adatai⁹⁸

	RAZOR 6	RAZOR 10	RAZOR 15	RAZOR 25⁹⁹	RAZOR 40
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
Acél-átütő képesség (mm)	6	10	15	25	40
Hajlítási sugár (mm)					
Sík felületen	90	150	220	400	600
Hengeres felületen	20	35	50	80	120

⁹⁸ Uo.

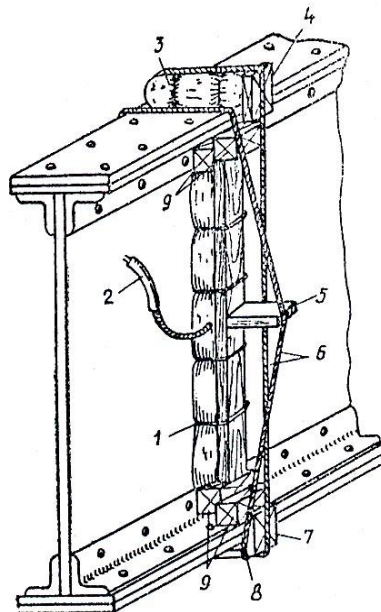
⁹⁹ A Magyar Honvédség által beszerzett vágótöltet

Befejezésül két példát mutatunk be a vágótöltetek alkalmazásának előnyeiről, szemben az eddig (és még jelenleg is) alkalmazott, préstestekkel történő robbantással.

Egy 1 m széles, 50 cm vastag betonfal átütéséhez, külső szabadon felfektetett töltetek esetén, egy sor 200 g-os TNT préstestet kell felhasználnunk, vagyis 2.0 kg-ot. A fent bemutatott HALEY&WELLER vágótöltet család D-105-ös tagja, mindezt 80 g robbanóanyaggal elvégzi.

Acélrobbantásnál is hasonló értékeket kapunk: egy 1000x10 mm-es 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 RAZOR10 140 grammal. Az ugyancsak flexibilis Ferret töltetcsalád, 250 g/fm töltetű tagja 16 mm acél átütésére képes, a Dynawell LC53 szilárd (rézbéléses) töltet pedig, 53 g töltetmeggel éri el ugyanezt az eredményt.

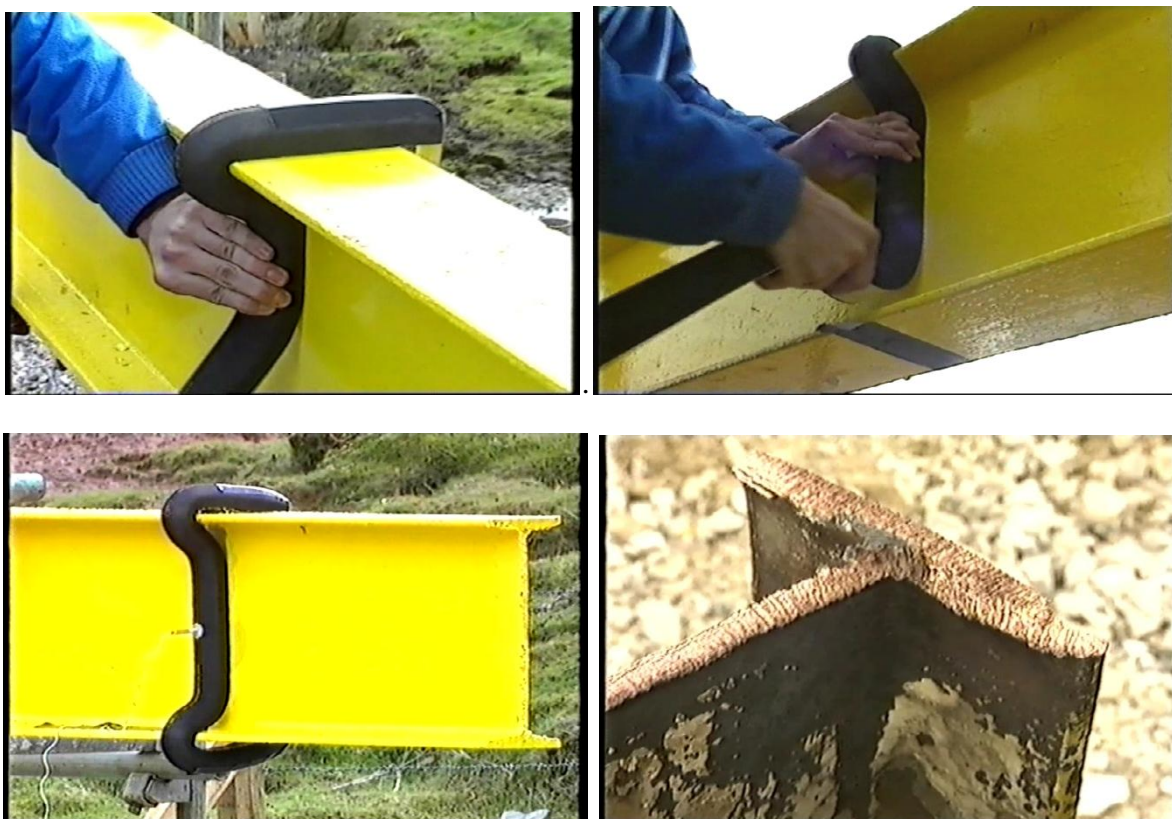
Ehhez társul még, a flexibilis vágótöltetek gyors és könnyű szerelhetősége a robbantandó szerkezetre, mely szintén a honvédségi bevezetés, alkalmazás szükségességét támasztja alá. Ha összevetjük 22. számú ábrán látható idomtöltet képét, a Blade-töltettel szerelt I-tartó képeivel (23. sz. ábra), akkor egyértelműen bizonyítottnak tekinthetjük ezt az állítást.



22. számú ábra: Szegecselt „Kettős T”-tartó robbantása¹⁰⁰

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

¹⁰⁰ E-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950., p. 158. (80. sz. ábra)



23. számú ábra: BLADE lineáris vágótöltettel szerelt acéltartó robbantása¹⁰¹

3. KÖVETKEZTETÉSEK

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 ország-védelmi képesség fenntartása megengedi, a katonai szektornak a lehetőségek határáig be kell tartania a társadalom egésze által megszabott környezetvédelmi előírásokat és törvényt. 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

¹⁰¹ BLADE, the cutting edge (a Royal Ordnance plc Industrial Energetics, England, termékbemutató videófilmje, 1992.)

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 robbantástechnik alábbi területein adaptálhatók az ipari robbantástechnika környezetvédelmi tapasztalatai, módszerei:

1. **A robbanóanyagok terén:** a 2004. évben 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 pl. 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 időjárás (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 pillanathatású 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 – még növelni is kellett egyes soroknál a robbanóanyag mennyiségét, ezáltal még inkább fokozva a környezeti hatás nagyságát. Amennyiben a robbantást, pl. az újonnan rendszeresített katonai NONEL gyújtási rendszer késleltetett gyutacsainak alkalmazásával végezzük el, megelőzhetővé válnak a környezeti károk és csökkenthető a robbanóanyag felhasználás. A tipikus robbantási feladatokhoz (pl. fedezékek robbantása) előre készíthetőek a megfelelő késleltetési fokozatú gyutacsok, így egy egyszerű robbantási tervet mellékelve (pl. a már egyébként is meglévő földrobbantó töltetekhez), különösebb plusz kiképzés nélkül is képesek lennének a katonák a feladat végrehajtására. Ugyancsak fontos lenne, úgy a költségcsökkentés (a NONEL nagyon drága), mint a logisztikai feladatok egyszerűsítése céljából legalább a műszaki csapatoknál, külső késleltetésű robbantógépek rendszeresítésére. Ezek segítségével, a már rendszerben lévő pillanathatású gyutacsokkal is elérhető a fenti eredmény (természetesen ezekhez is szükségesek a fent említett típus-robbantási tervek, a késleltetési 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 belsejébe elhelyezett tölteteket. Mivel a feladat végrehajtására rendelkezésre álló idő jelentősen megnőtt (akár válságkezelési feladatokat hajtunk végre, akár

béketeremtő misszióban tevékenykedünk), így a töltetfúratok elkészítésére fordítandó plusz idő bőven megtérül a káros környezeti hatások (szeizmikus hatás, léglökés, repeszhatás) kiküszöbölődésével, illetve elfogadható határok közé való csökkentésével. Ennek érdekében a fúrási kapacitás növelésére van szükség korszerű, nagy teljesítményű fúró/vésőeszközök rendszeresítésével. Az előkészítésre fordítandó idő ugyanakkor csökkenthető, ha pl. 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 okán, rendszeresíteni szükséges a flexibilis vágótölteteket. Bár a jelenlegi robbantási utasításunk is foglalkozik a csapatok által készíthető kumulatív töltetekkel, sőt egyfajta gyors kumulatív töltet méretezési eljárást egy jegyzetemben magam is bemutattam¹⁰² 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 tűzszerész feladatok végrehajtása során”.¹⁰³ Hatásadatai, és feltehetően viszonylag kedvező ára, valamint a beszerzés biztonsága miatt, a szintén NATO-tag Cseh Köztársaságban gyártott RAZOR flexibilis vágótöltetek rendszerbe állítása mutatkozik a legkézenfekvőbbnek (még ha nem is mindegyik, de legalább két, a várható feladatokhoz leginkább illeszthetőnek tűnő típus). Ez lehetne, pl. a RAZOR10 és a RAZOR25, hiszen vastagabb fémszerkezeti elemek esetén, egymással szembe fordítva őket, ezek is képesek minimum 20, illetve 50 mm-es acéllemez átvágására¹⁰⁴.

5. **Egyéb rendszabályok:** a repeszhatás elkerülése érdekében végzett tevékenység vonatkozásában, 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: pl. a fojtóanyag szerkezetének, vagy a fojtás hosszának tervezésére vonatkozóan (ez egyben a káros mértékű hanghatás és léglökés kialakulásának elkerülését is szolgálja, a fúrólyuk kitörésének megakadályozása által). Kísérleti egyetemi jegyzetemben mutattam rá példákat is.¹⁰⁵

¹⁰² A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése - akadémiai jegyzet, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Műszaki tanszék, Budapest, 1992.

¹⁰³ A NATO-tagság hatása a Magyar Honvédség szárazföldi csapatai műszaki támogatásának elméletére és gyakorlatára – MTA doktori értekezés, 2006. p. 192.

¹⁰⁴ A tanulmány elkészítésének időszakában, a Magyar Honvédség beszerezte a RAZOR25 típusú vágótöltetet.

¹⁰⁵ 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

BEFEJEZÉS

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 külső beszerzésére alapozott biztosítása viszont egy konfliktus helyzet 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 ugyancsak 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 elem robbantások és építmény rombolások végrehajtásához szükséges, legalább közepes hatóerejű, nagy brizanciájú robbanóanyagokra;
- a föld- és közetrobbantási feladatoknál alkalmazott robbanóanyagokra, (melyek az utász robbanóanyag mennyiség nagyobb részét jelentik); ezek célszerű, ha nagyobb munkavégző képességgel (toló hatással), ugyanakkor elégséges, ha alacsonyabb brizanciával rendelkeznek.

A Magyar Honvédség deklarálta, hogy a nemzetközi egyezmények és a hazai törvény előírásainak szellemében, amíg az ország-védelmi képességének fenntartása ezt megengedi, betartja a társadalom egésze által megszabott környezetvédelmi előírásokat és törvényt. 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, pl. a feladat végrehajtás helyszínén bekeverhető, addig csak tűzveszélyes anyagként tárolandó és szállítandó, üveggyöngy érzékenyítésű emulziós robbanóanyag, tökéletesen képes kiváltani az eddig alkalmazott trotilt. Szemben a trotiltal, nullához közeli oxigén-egyenlege következtében, 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.

Ugyancsak a 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 eltolt töltet indítás alkalmazásával végrehajtható munkákra. Ehhez jelenleg, egyedül a rendszeresített, viszont drága NONEL rendszer késleltetett gyutacsait tudjuk igénybe venni, de külsőkésleltetésű robbanógép beszerzése esetén minden alegység képes lenne, a rendszeresített pillanathatású villamos gyutacsáival is, ezeket a robbantásokat a jelzett (Robbantási utasításunkban egyébként megtalálható) módon, gazdaságosan elvégezni.

A szerkezeti elemek robbantása tekintetében bizonyítottam, hogy megfelelő teljesítményű fúró/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, javaslatot tettem, egy flexibilis lineáris vágótöltet család (de legalább is annak néhány tagja) bevezetésére a Magyar Honvédségnél. Alkalmazásával, elsősorban az acélszerkezeti elemek, robbantáshoz való előkészítésének ideje csökkenne jelentősen, továbbá (a lényegesen kevesebb robbanóanyag szükséglet miatt), a káros környezeti hatások is sokkal kisebbek lennének.

A MAGYARORSZÁGON GYÁRTOTT ÉS FORGALMAZOTT EMULZIÓS ROBBANÓANYAGOK FŐBB ADATAI

Robbanóanyag	Sűrűség (g/cm ³)	Detonáció- sebesség (m/s)	Fajlagos gáztérfogat (l/kg)	Oxigén- egyenleg (%)	Kritikus átmérő (mm)	Robbanáshő (kJ/kg)	Hőmérséklet °C	Tárolás (hónap)
ANDO-V-100 ¹⁰⁶	1.28	5000	1021	-0.645	32	3280	-25-+70	12
ANDO-ÉV ¹⁰⁷	1.15	5000	1021	-0.645	32	3280	-25-+70	12
Emulgit Emex AN ¹⁰⁸	1.2	4700	1011	-3.5	50	3040	0-+50	12
Emulgit 82GP ¹⁰⁹	1.2	3700	909	-1.6	40	3502	0-+50	6
Emulgit LWC ¹¹⁰	1.15	4300	877	-1.7	25	3385	0-+50	12
EMSIT 1 ¹¹¹	1.05	5200	800	+0.5	30	2800	-10-+40	12
EMSIT M ¹¹²	1.09	5100	800	+0.5	30	2800	-10-+40	12
LAMBREX 1 ¹¹³	1.2	5500	910	+2.3	25	-	-10-+40	12

¹⁰⁶ Gyutacsérzéketlen, gyártó MIKEROBB Kft. Magyarország, Miskolc

¹⁰⁷ Gyutacsérzékes, gyártó ua.

¹⁰⁸ Gyutacsérzéketlen, gyártó MAXAM Magyarország Kft., Peremarton

¹⁰⁹ Gyutacsérzékes, gyártó ua.

¹¹⁰ Gyutacsérzékes, gyártó ua.

¹¹¹ Gyutacsérzékes, gyártó a cseh Explosia A. S. (Pardubice-Semtín), forgalmazó NOVEXPLO Kft. Magyarország, Tatabánya

¹¹² Gyutacsérzékes, ua.

¹¹³ Gyutacsérzékes, gyártó az osztrák Austin Powder GmbH (Lambrecht), forgalmazó ua.

FELHASZNÁLT IRODALOM, FORRÁS

Törvények, határozatok, intézkedések

1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól

13/2010 (III.4.) KHEM rendelet az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatról – Magyar Közlöny 31. szám, 9762-9829. oldalak

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, Bp. 1965.

BARON, V. L.- KANTOR, B. H.: Tyehnyika i tyehnológija 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.

FÖLDESI János: Bányászati robbantástechnika I., Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.

HARASZTI J. - JUHÁSZ NAGY B. - KOMPOLTHY T. - MARÓTHY G. - SIPOS Z. - SZÜCS T.: Robbantóanyagok és robbantástechnika, Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1966.

KONYA, C. J. – WALTER, E. J.: Surface Blast Design (Külszíni robbantások tervezése), Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 1990.

KÖHLER, J. – MEYER, R.: Explosives – Fourth, revised and extended edition, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Federal Republic of Germany, 1993.

Rock Blasting and Overbreak Control (Kőzetrobbantás és a zúzási ellenőrzés), National Highway Institute, USA. 1991

Szabályzatok, jegyzetek és egyéb dokumentumok

Vezérfonal az utászszolgálat oktatásához – fordítás, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Budapest, 1899.

E-23. Műszaki oktatás a m. kir. honvéd lovasság utász-szakaszai és század-utásai 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) utánnomása 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 lövész, robbanóanyagok, lőporok és gyújtószerkezetek kezelésére, raktárolására és megvizsgálására, Pallas nyomda, Budapest, 1924. évi utánnomás

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.

FM 5-250 Explosives and Demolitions, Headquarters, Department of the Army, Washington, DC, 15 June 1992.

HUBINA I. - LUKÁCS L.: Kőbányászat robbantással - főiskolai tansegédlet, Kossuth Lajos Katonai Főiskola, Szentendre, 1980.

LUKÁCS László: A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése – jegyzet, ZMKA Műszaki tanszék, Budapest, 1992.

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-hadműveleti tanszék, Budapest, 1997.

Military Engineering, Volume II, Field Engineering, Pamphlet No. 4, Demolitions, Ministry of Defence, UK, 1988

Military explosives and propellants study guide (Katonai robbanóanyagok és hajtóanyagok jegyzéke), Dover Piscatinny Arsenal, AMCAS 1966.

Robbantástechnikai terminológia – A robbantástechnika időszerű kérdései 5. sz. füzet OMBKE Robbantástechnikai szakbizottság kiadványa, Budapest, 1980.

TM 9-1300-214 Military explosives technical Manual, Headquarters, Department of the Army, Washington DC, USA, 1984.

Környezetvédelmi irányelvek a katonai szektor számára, Katonai Környezetvédelmi Füzetek 1. szám, HM Regionális Katonai Környezetbiztonsági Központ, Budapest, 1996.

Honvédelmi környezetvédelem – Képzési szakanyag a környezetvédelmi szakelőadói képzéshez, Honvédelmi Minisztérium, Infrastrukturális Ügynökség, Budapest, 2008. Nyt. Szám:

Jelentés a műszaki harcanyagok helyzetéről – a MH Összhaderőnemi Logisztikai Parancsnokság parancsnokának előterjesztése a Honvéd Vezérkar számára, nyt. szám: 1402/2001.

BLADE, the cutting edge, a Royal Ordnance plc Industrial Energetics, England, termékbemutató videó filmje, 1992.

DYNAenergetics GmbH, Germany, Dynawell gyártmányismertető katalógusa

A HALEY & WELLER, DARTCORD lineáris vágótöltet-család prospektusa, Wilne, Draycott, Derbyshire, England

Üreges üvegyöngy, Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet (SZIKKTI), Budapest, termékismertetője

A Nitro Nobel (Svédország) ANDO keverő berendezéseinek és EMULITE emulziós robbanóanyagának gyártmányismertetői

A 3M (East) AG (Svájc) mikro-gyöngy gyártmányismertetői

A JKS Boyles (Anglia) ANDO keverő és szivattyúzó eszközeinek gyártmányismertetője

Cikkek, előadások, tanulmányok

FÖLDESI János: Robbanó emulziók és emulziókkal végzett külszíni robbantások tapasztalatai (MH SZCSP Műszaki Főnöksége továbbképzésére készített előadás), Baja, 1993.

FÖLDESI János: A Keszthely környéki kőbányák robbanóanyaggal történő ellátása, Robbantástechnika 29. szám (HU ISSN 1788-5671), 2008. április, Magyar Robbantástechnikai Egyesület, Budapest

GORDON, Arran: Explosive Applications for Industry and Defense, Havoc Industries Pty Ltd. 19-Oct-06.

H. T. I.: Robbanó anyagok, pótrobbanó anyagok – a Haditechnikai tájékoztató sorozat 17. közleménye, Magyar Katonai Szemle 6. füzet, Budapest, 1932.

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 Schrobenhausen, West Germany, 20-22 September 1983.

KONYA, C. J.: Robbantómesterek kézikönyve, Energia Kft., Tiszaújváros, 1993.

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

LUKÁCS László: A MH robbanóanyaggal való ellátottságának helyzete, és egy új robbanóanyag alkalmazásának lehetősége a MH műszaki csapatainál II., Műszaki Katonai Közlöny 1995/3.

LUKÁCS László: Az ANDO-V robbanóanyag alkalmazásának lehetőségei a katonai gyakorlatban, Robbantási Híradó, Energia Kft., Tiszaújváros, 1995/2.

LUKÁCS László: A kumulatív vágótöltetek és alkalmazásuk lehetőségei az ipari gyakorlatban, Robbantástechnika 16. szám, 1996. június (az OMBKE¹¹⁴ Robbantástechnikai szakbizottság periodikája)

LUKÁCS László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 5. - A (fel) nem robbanó robbanózsínór (NONEL gyújtási rendszer), Magyar Honvéd 1997/1-2. szám

LUKÁCS László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 6. - Irányított energia, Magyar Honvéd 1997/13. szám

LUKÁCS László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 7. - A robbanás irányított hatásának katonai alkalmazása, Magyar Honvéd 1997/28. szám

LUKÁCS László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 8. - Speciális kumulatív töltetek, Magyar Honvéd 1997/30. szám

¹¹⁴ OMBKE - Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület

LUKÁCS László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 9. - Műtrágya mint robbanóanyag?, Magyar Honvéd 1997/45. szám

LUKÁCS László: Robbantástechnikai kaleidoszkóp 10. - Előnyök és hátrányok (Az ipari robbanóanyagok katonai alkalmazhatóságának vizsgálata), Magyar Honvéd 1997/50. szám

LUKÁCS László: A kumulatív töltetek kialakulása, hatásmechanizmusuk elmélete, Műszaki Katonai Közlöny 1996/3. szám

LUKÁCS László: Kumulatív töltetek készítésének lehetőségei, méretezésük néhány módszere, Műszaki Katonai Közlöny, 1997/3. szám

LUKÁCS László: Ipari robbanóanyagok alkalmazási lehetőségei honvédségi földrobbantási feladatok során, Robbantástechnika 21. szám, 2001. március (az OMBKE Robbantástechnikai Szakbizottság periodikája)

LUKÁCS László: A Magyar Honvédségnél rendszeresített NONEL gyújtási rendszer alkalmazása, különös tekintettel a környezetkímélő robbantásokra, Műszaki Katonai Közlöny 2006/1-4. összevont szám

MUNROE, Charles E.: Modern explosives, Scribner's Magazine, Vol. III. p. 574., 1888.

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, Moskow, 1990/2. p. 82-90. és 1990/3. p. 70-75.

SMITH, C. G.: Újabb fejlesztések az emulziók/slurryk szenzitivizálásánál, PQ International, Valley Forge, Pennsylvania, USA - kézirat

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://mhtt.eu/hadtudomany/2009/2009_elektronikus/2009_e_5.pdf)

TÓTH József, Az emulziós robbanóanyagok története és katonai alkalmazhatóságának lehetősége, Műszaki Katonai Közlöny, 2007/1-4. összevont szám, p. 157-169.

VALTERS, William: A Brief History of Shaped Charges, 24th International Symposium on Ballistics, vol. 1, pp. 3–10, New Orleans, LA, 22–26 September 2008.

<http://famousamericans.net/charleседwardmunroe/>, *Edited Appletons Encyclopedia*, Copyright © 2001 VirtualologyTM – 2010. június 12.

Q-Cel® Ultra-Light Hollow Glass Microspheres - Industrial Explosives Applications, www.potterseurope.com – 2010. augusztus 9.

Potters Industries Q-CEL 7014 - www.potterseurope.com – 2010. augusztus 9.