

Műszaki Katonai Közlöny

XXII. évfolyam, 2012. különszám

XXII. évfolyam, különszám

"Műszaki katonák alatt értjük azt a hadrakelt nagy családot, amely nem csak fegyverrel a kézben küzdött, hanem tudásával, különleges felszerelésével, kiképzésével és leleményességével a küzdő csapatok leghűségesebb és nélkülözhetetlen segítőtársa volt."

(Jacobi Ágost utásvezredes, 1938)

MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY

**TÁMOP Építményvédelem és Robbantásos fémmegmunkálás KKT-k
Külszám**

2012.

Kiadja:

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

Megjelenik negyedévente

Felelős kiadó: Dr. Boldizsár Gábor ezredes, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar dékánja
Prof. Dr. Szabó Sándor, CSc., a Műszaki Szakosztály elnöke

Főszerkesztő: Prof. Dr. Lukács László, CSc..

Web megjelenés: Dr. Dénes Kálmán okl. mk. őrnagy, PhD.

A szerkesztőbizottság tagjai: Dr. Hornyacsek Júlia, PhD
Dr. habil. Horváth Tibor, PhD
Dr. habil. Kovács Tibor, PhD
Dr. Kovács Zoltán, PhD
Prof. Dr. Padányi József, DSc
Dr. Tóth Rudolf, PhD

Szerkesztőség címe: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és
Honvédtisztképző Kar, Katonai Vezetőképző Intézet,
Műveleti Támogató Tanszék, Műszaki Szakcsoport,
1101. Budapest, Hungária krt. 9-11. A. épület 9. emelet,
914. iroda

Levelezési cím: 1581 Budapest, Pf.:15.
E-mail: mkk@uni-nke.hu , lukacs.laszlo@uni-nke.hu
Web: E-mail: denes.kalman@uni-nke.hu
Telefon: (1)-432-9000/29-560 mellék HM (2)-29-560
Fax: (1)-432-9000/29-667 mellék HM (2) 29-667

A megjelent publikációk "html" és "pdf" formátumban 5 évig érhetők el on-line formában. Ezt követően a cikkek DVD-ROM-on kerülnek archiválásra, és a NKE Egyetemi Könyvtárában férhetők hozzá. Az on-line archívumban továbbra is megtalálhatók az addig megjelent cikkek dátum, szerző, cím és rezümé szerinti rendszerezésben. Az on-line folyóirat archiválása az Országos Széchenyi Könyvtár Elektronikus Periodika Archívum és Adatbázisában (<http://epa.oszk.hu/>) is megtörténik.

ISSN 2063-4986

Tisztelt Olvasó!

Az Óbudai Egyetem, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem (NKE) jogelődjével, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemmel közösen, 2011 első negyedévében jelentkezett a „TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kutatási projektek és kutatási szolgáltatások támogatása a közép-magyarországi régióban” címmel meghirdetett pályázatra.

A sikeres pályázatot követően a két kedvezményezett konzorciumot hozott létre „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” megnevezéssel. A projekt célja, a kritikus infrastruktúra védelem területén, nemzetközi színvonalon (és együttműködésben) végzett kutató-fejlesztő tevékenységhez szükséges kritikus tömegű humánkapacitás konszolidációja, szükség szerinti fejlesztése, valamint az e területeken végzett innováció támogatása.

Az NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Műveleti Támogató Tanszék, Műszaki szakcsoport, az alábbi két Kiemelt Kutatási Területtel csatlakozott a projekt munkájához, dr. Lukács László vezetésével:

- Építmények védelme, megerősítése robbantásos cselekmények ellen;
- Nagy energia sebességű alakítások – robbantásos fémmegmunkálás.

A 2012. január 01. és 2013. december 31. között folytatandó kutatások során, a munkába bevont hazai és külföldi szakemberek, többek között nemzetközi konferenciákon mutatják be elért eredményeiket.

A Magyar Robbantástechnikai Egyesület (MARE), 2012. szeptember 19-21. között, Balatonkenesén tartott „11. Fúrás- Robbantástechnika 2012” Nemzetközi Konferenciáján, a fenti két KKT kutatói, összesen 14 előadással vettek részt. A konferencia cikkek megjelentek a MARE Robbantástechnika c. folyóiratának (HU-ISSN 1788-5671), konferencia kiadványában. Tekintve, hogy a 120 példányban nyomtatott kiadvány, az érdeklődők szűk köréhez juthatott csak el, ezért másodközlésként megjelentetjük ezeket a cikkeket a Műszaki Katonai Közlöny XXII. évfolyam, tematikus különszámában.

(L.L.)

Prof. Dr. Lukács László¹ (CSc)

ÉPÜLETEK ELLENI ROBBANTÁSOS CSELEKMÉNYEK ÉS JELLEMZŐIK²

ÖSSZEGZÉS: A terrorista robbantások során az elkövetés egyik módszere, az építmények támadása nem kontakt (a katonai szakterminológia szerint közbehelyezett összpontosított) töltetekkel. A végrehajtás eszköze rendszerint egy gépjármű, melynek méretét a rombolandó építmény, ennek következtében a szükséges robbanóanyag mennyisége határozza meg. A robbanási lökéshullám (amennyiben energiája megfelelő), egyrészt rombolhatja az építmény falait, tartószerkezeteit, melynek következtében – a legrosszabb változat esetén – az összeomló épület-szerkezet még a robbanásnál is nagyobb pusztítást végez. Ezt a pusztítást tovább fokozzák magából a felrobbantott járműből származó ún. primer, továbbá a környezetben lévő anyagokból keletkező szekunder repeszek, és a robbanás során keletkező magas hőmérséklet. A cikkben az építmények elleni robbantásos merényletek ezen hatásait elemezzük, a már bekövetkezett cselekmények, támadások tükrében

Kulcsszavak: terrorista robbantás, lökéshullám, repeszhatás

A XIX. századot a nemzeti szabadságharcok, a XX.-at pedig a világháborúk korszakának nevezhetjük. Vajon a XXI. század a robbantásos terrorista merényletek századaként kerül be a történelemkönyvek lapjaiba? Az elmúlt évek, évtized napi történéseit figyelve, sajnos riasztóan igaznak tűnik ez az állítás. Dolgozatunkban ennek a fenyegetésnek a mibenlétét mutatjuk be.

A KEZDETEK

A történet időszámításunk szerint 700 körül kezdődött, amikor Kínában felfedezték, hogy faszénből, kénből és salétromból egy olyan keverék készíthető, melyből tűzijátékokat lehet az égre varázsolni. Ez a béke-állapot egészen 1000-ig tartott, amikor a Távols-Keleten azt is felismerték, hogy a “tűzijátékot” pusztításra is lehet használni. Az arabok sokkal gyakorlatisabban gondolkodtak, és 1200 körül már harcoltak vele. A nagy arab tudós, a Szíriában alkotó Hasan al-Rammah, 1270 és 1280 között íródott művében³ 107 féle lőpor-recept és 22 rakéta leírás található.

Európa számára, Roger Bacon (1214-1292) angol szerzetes „találta fel” a lőport 1249-ben, és felismerve annak stratégiai jelentőségét (erről egy titkos levélben tájékoztatta a pápát is). Ugyanakkor téves az az elterjedt vélemény, hogy Schwartz Berthold német ferences-rendi szerzetes lenne az európai lőpor atyja, hiszen ő a XIV. század második felében élt (1310-1384). Neve inkább a lőpor lőfegyverekben való elterjesztésével hozható összefüggésbe.

Ágyúba 1326-ban, Angliában töltötték először kontinensünkön a puskaport, de Németországban és Franciaországban csak 1380 után kezdték a „lövőfegyvereket” használni, minthogy a „lovagias érzék és vallásos buzgóság” ebben az időben nem tudott velük megbarátkozni. [1]

A korábbi földalatti aknaharc, lőporral kombinált alkalmazására először 1403-ban került sor, mikor a Pisa és Firenze közötti háborúban, Pisa várának falait, az alájuk ásott alagútban elhelyezett lőpor töltettel röpítették a levegőbe. A tervezésnél közreműködött az ostromló Ludovico Sforza herceg katonai-műszaki szakértője is, Leonardo da Vinci.

¹ Nemzeti Közsolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar. E-mail_lukacs.laszlo@uni-nke.hu

² Robbantástechnika (HU-ISSN 1788-5671) konferencia kiadványban megjelent cikk másodközlése, pp. 98-108.

³ The Book of Military Horsemanship and Ingenious War Devices

1568-ban Veit Wulff Von Senftenberg fedezi fel a robbantóládát, a mai meglepő akna, vagy pokolgép őst. Ezek olyan robbanóanyaggal töltött ládák voltak, melyek a bennük elhelyezett rugó-, vagy óraszerkezet révén a láda kinyitására, vagy a beállított idő eltelte után robbantak fel. Érdekességként említsük meg, hogy Leonardo da Vinci kéziratái között is található egy 1519-ben készült rajz, mely ilyen szerkezetet ábrázol.

A maihoz hasonló, politikai szándékú robbantásos merénylet legismertebb korai példája az 1605-ös, londoni „lőpor összeesküvés“ volt, mikor is november 5-én, pokolgépes merénylet előkészületét leplezték le: a katolikus lázadók Guy Fawkes vezetésével, 1632 kg fekete lőport akartak becsempészni a Parlament pincéjébe, így akarván felrobbantani a protestáns I. Jakab királyt. A terv, árulás miatt meghiúsult, a bűnösöket a kor törvényei szerint elítélték és kivégezték.

Azt már csak a teljesség kedvéért jegyezzük meg, hogy a fekete lőpor első ipari felhasználására csak 1627-ben került sor Selmecebányán (Széklakna, Felső Biber táró), Weindl Gáspár tiroli bányamester híres robbantásánál. [2]

A XIX. század közepétől a XX. század első feléig, „robbanásszerű” fejlődés figyelhető meg a robbanóanyagok terén. A ma önállóan, vagy alkotóelemként alkalmazott robbanóanyagok döntő többségének felfedezése erre az időszakra esik (csak néhány fontosabbat említve: duranóhigany 1807, nitrocellulóz, nitroglicerín 1846, guhrdinamit, pikrinsav 1867, trizinát 1871, ammónium nitrátos robbanóanyag 1884, tetril 1879, ólomazid, trotil, nitropenta 1891, hexogén mint robbanóanyag 1920)⁴. Ugyancsak ebben az időszakban jelennek meg a robbanóanyagok iniciálására szolgáló gyújtószerkezetek és –eszközök. Ennek eredményeként pedig – akár csak a lőpor esetében – megjelentek a robbantásos bűncselekmények is. A helyzet súlyosságát bizonyította, hogy az angol parlament 1883. április 10-én megalkotta a világ első, a robbanóanyagokkal kapcsolatos bűncselekményeket büntető törvényét. Azt pedig, hogy nem egyedi, a szigetországra jellemző problémáról volt szó, a német kormány által 1884. június 9-én megszavazott, „A robbanóanyagok bűnös és közveszélyes felhasználásával kapcsolatos birodalmi törvény” jelzi.⁵

A ROBBANTÁSOS CSELEKMÉNYEK JELLEMZŐI KORUNKBAN

Mai világunk sajnos ezen a téren is soha nem látott „fejlődést” mutat: míg egyes adatok szerint 1605 és 1950 között, mintegy 3000 robbantásos merényletet, vagy annak kísérletét jegyezték fel⁶ (nem számolva pl. a háborús időszakok partizán akcióit), addig a Global Terrorism Database (továbbiakban: GTD) 1970 és 2007 közötti időszakot felölelő statisztikája szerint közel 44800⁷, robbanóanyaggal elkövetett merénylet történt a világszerte. Ez évente nagyjából ezer ilyen cselekményt jelent...⁸

A robbantásos cselekmények kitervelőit és végrehajtóit, a nagyfokú pusztítás lehetőségén kívül, a kezdeti időszakban két cél vezérelte támadási módszerük megválasztása során:

- egyrészt a cselekmény „eredményességének” magas foka (egy fegyveres támadás esetén nagyobb a valószínűsége a megtámadott fél esetleges megmenekülésének⁹);

⁴ Bővebben lásd: Lukács L.- Bombafenyegetés – a robbanóanyagok története, Repüléstudományi Közlemények 2012. 2. szám, pp. 409-430. <http://www.szrfk.hu/rtk/>

⁵ Dr. Mueller Othmár: Bombariadó, Szövetkezeti Szervezési Iroda, Budapest, 1991. p.11.

⁶ Dr. Hunyadi F. – Lukács L. – Dr. Mueller Othmár: A robbantások elleni védekezés feladatai (Az épületek védelme robbantásos akciók ellen), BME, Mérnöktoivábbképző Intézet, Budapest, 1993. p. 5.

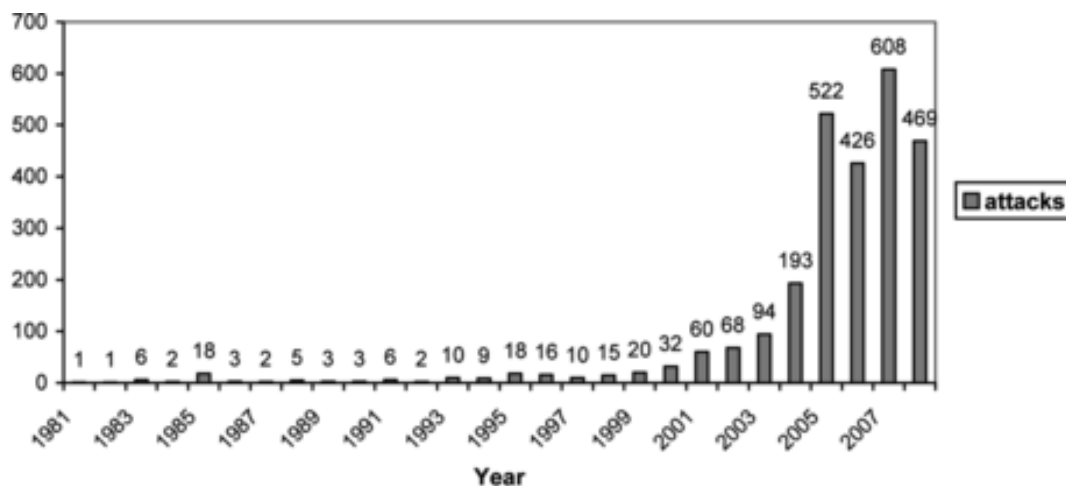
⁷ <http://www.start.umd.edu/datarivers/vis/GtdExplorer.swf> (letöltés 2012. 06. 10.)

⁸ Lásd még: Dr. Kovács Zoltán - Terrorista robbantások – a kezdetek, Robbantástechnika, 2009. 1. szám, pp. 53-59. HU ISSN 1788-5671

⁹ Lásd pl. a Reagan elnök elleni fegyveres merényletet

- másrészt az elkövető személyesen nem kell, hogy megjelenjen a támadás helyszínén, így lebukásának veszélye is kisebb.

Az elmúlt időszakban ezen a téren is nagyot változott a világ. Az öngyilkos elkövetőkről sokáig csak az asszsinok¹⁰, majd a II. világháború japán kamikáze pilótái jutottak eszünkbe. Ma már a cselekmények egy jelentős részét, önmaguk életének a feláldozásával követik el a terroristák. Az 1. számú ábrán jól látható, hogy amíg a 2000-es évek elején is csak néhány ilyen öngyilkos robbantásos merényletet követtek el a világon, azóta ugrásszerű növekedés tapasztalható ezen a téren.



Notes:

1. The table's data were derived from a database covering suicide attacks around the world which is maintained by the first author.
2. Only attacks where the suicide bomber actually tried to kill himself or herself were counted. In almost all cases (98.7%) the suicide bomber died in the attack.

1. ábra: Öngyilkos robbantások a világon 1981-2009¹¹

A robbantásos cselekmények mozgatórugóit vizsgálva, a „miért” kérdésre keresve a választ, az alábbi öt fő csoportról ír egy szerző¹²:

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

A robbanóanyagokkal elkövetett bűn/terrorcselekmények hatásukban, a pusztítás méreteiben, valamint a megtámadott célok tekintetében jelentős eltérést mutatnak. A főbb jellemzők értékelése alapján, a támadások az alábbi főbb kategóriákba sorolhatók:

¹⁰ 1090-ben, Hasan ibn al-Sabban által a Kaszpi-tengertől délre, egy hegyi erődítményben alapított, Ismaili Rend nevű terrorista csoportot öngyilkos merénylői.

¹¹ A. Merari – I. Diamant – A. Bibi – Y. Broshi – G. Zakin: Personality Characteristics of „Self Martyrs”/“Suicide Bombers” and organizers of Suicide Attacks, online publications, 19. December, 2009. Terrorism and Political Violence, <http://www.scribd.com/doc/46767174/Terrorism-and-Political-Violence>

¹² Szikora Márton: Terrorista internacionálé, Hetek, Országos Közéleti Napilap II. évfolyam, 33. szám, 1998. augusztus 15. <http://epa.oszk.hu/00800/00804/00027/index.htm>

- a konkrét személyek elleni merényletek;
- a demoralizáló (zavarkeltő) célzatú és az
- általános bosszú vezérelte robbantások.

Az egyes kategóriákon belül világosan behatárolhatók az elkövetési módszerek és a potenciális célszemélyek, illetve objektumok (7):

- a konkrét személyek elleni, robbanóanyaggal végrehajtott támadások:
 - közvetlenül a személy, vagy az általa használt, alkalmazott tárgy, berendezés „ellen” készített kisméretű és tömegű, célirányosan elhelyezett töltetek;
 - a kivitelezés konkrét formái általában a levél-, csomag- és autóbombák;
- a demoralizáló célú robbantások:
 - a cél elsősorban a zavarkeltés, melyet viszonylag kis mennyiségű robbanóanyag-tölteteknek, nagy forgalmú helyen történő elhelyezésével próbálnak elérni;
 - az esetek egy részében még a töltet iniciálására sem kerül sor (pl. egy áruház forgalma csupán a reális fenyegetésnek a demonstrálásával is jelentősen visszavethető), az elkövetők a támadások egy részénél igyekeznek elkerülni a tényleges személyi sérüléseket ;
 - ezeknél a robbantásoknál jellemző a merénylet előzetes „bejelentése” a hatóságoknál, hiszen a cél elérhető a terület lezárását, átvizsgálását, a bomba hatástalanítását részletesen bemutató sajtónyilvánosságon keresztül is (a „sajtó hatalmát” jól bizonyítja, hogy az ilyen jellegű merényleteknél akár több – az esetek egy részében teljesen ismeretlen – szervezet vállal felelősséget a támadásért).
- az általános bosszú célzatú merényletek:
 - a helyszín megegyező lehet a demoralizáló célú robbantásnál, de mindenképpen sok áldozattal számol az elkövető;
 - a robbanóanyag mennyiség erős eltérést mutathat az egyes cselekmények között, hiszen a teste köré erősített robbanóanyagot viselő „élő bomba” néhány kilogrammjától, a tehergépjárművel kerítést áttörő merénylő akár több száz, vagy ezer kilogrammos töltetig terjed a „választék”;
 - a fő cél a minél nagyobb pusztítás, melynek egyik eszköze a közvetlen robbanáson kívül, pl. az összeomló épület, vagy annak egyes részei;
 - az ilyen jellegű támadások elhárítása a legnehezebb feladat, a borzalmas hatású robbantások széles sajtó publicitása pedig az elkövetőket segíti az újabb merényletek megszervezésében;
 - a fentieket támasztják alá Frederic Forsyth egyik regényében olvasható alábbi sorok: „A terroristák számára az internet és a kibertér nélkülözhetetlen propagandafelületté vált. Minden atrocitás, amiről csak olvasni lehet a hírportálokon, az ő malmukra hajtja a vizet: minden olyan művelet, amiről hetven ország több millió muszlim fiatalja értesül, nagyon jól jön nekik. Hiszen ők jelentik az utánpótlást, akik látják ezeket a tetteket, és kedvet kapnak hozzá, hogy valami hasonló nagy dolgot műveljenek.”¹³

ÉPÍTMÉNYEK ROBBANTÁSA KÖZBEHELYEZETT TÖLTETEKSEL

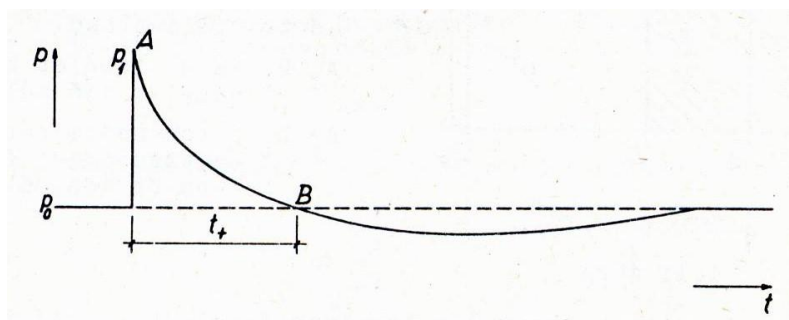
A fenti célok eléréséhez, az esetek többségében (a személyek elleni levél-, vagy csomagbomba támadásokat kivéve) nem kontakt, hanem a robbanási lökeshullám energiáját felhasználva, úgynevezett „közbehelyezett” töltetet alkalmaznak a merénylők. A katonai robbantástechnikában, már az 1900-as évek elején ismertek voltak az építmények belsejében

¹³ Frederic Forsyth – Az Afgán, Alexandra Kiadó, Budapest, 2007. p. 284.

elhelyezett ilyen töltetek, melyek tömegét a belső térfogat alapján lehetett meghatározni (a falvastagság függvényében), és alkalmazásukkal megsemmisíthető (leomlasztható) volt az adott létesítmény. Később megjelentek azok a méretezési módszerek is, ahol az adott (támadandó) építmény anyagának, a töltet távolságának és a falvastagságnak az alapján, pontosan meghatározhatóvá vált, pl. egy gépkocsiban elhelyezendő töltet tömege (lásd az irodalomjegyzék 8. fsz. cikkét).

Ahhoz, hogy a különböző fajtájú és tömegű robbanóanyag töltetek robbanásakor keletkező lökéshullám energiájának, a szintén különböző anyagú és falvastagságú építményekre gyakorolt hatását vizsgálni tudjuk, ismernünk kell az igénybevétel jellegét és a létesítmény tulajdonságait. Tisztáznunk kell, hogy a robbanási lökéshullámból származó túlnyomás, vagy impulzus lesz a fő károsító tényező¹⁴.

A terhelés jellemző adatait, a túlnyomás és az idő összefüggéséből kapjuk meg, melyet a 2. sz. ábrán bemutatott $p(t)$ függvény szemléltet.



2. sz. ábra: A robbanási lökéshullám jellemző adatai a nyomás és az idő függvényében

A nagy hatóerejű (több száz, vagy ezer kilogramm) „közbehelyezett” töltetek robbanása során olyan lökéshullám keletkezik, amely a robbanás középpontjától nagy távolságra is intenzív és hosszú ideig tart. Ezen lökéshullám t_+ nyomófázisának hatásideje rendszerint nagyobb, mint a támadott létesítmény szerkezeti elemeinek saját T -lengésideje (ez utóbbi néhány század- és néhány tizedmásodperc között van). Ebben az esetben a ΔpF túlnyomás nagysága fogja a romboló hatást meghatározni, tekintve, hogy az az idő, amíg ez a túlnyomás hat a létesítményre elég ahhoz, hogy azt deformálja, lerombolja.







Ha a lökéshullám kisebb erejű robbanás következtében jön létre, akkor az intenzív fázis távolságán belül a nyomófázis t_+ időtartama kisebb, mint a célobjektum, vagy annak szerkezeti elemei saját T -lengési periódusa. Ilyenkor a lökéshullám frontja mögött a nyomás olyan rövid idő alatt csökken a kritikus érték alá, hogy gyakorlatilag a létesítményt nem képes elmozdításra készíteni. Ez viszont még nem elégséges a rombolás elkerülésre. Ha ugyanis a nyomófázis impulzusának hatására olyan nagy mozgásmenyiség éri az építményt, amely elegendő egy bizonyos fokú deformáció előidézésére, akkor szintén bekövetkezhet a rombolódás, mely ebben az esetben a nyomófázis lezajlását követően megy végbe.

Az építményre ható robbanási terhek meghatározásával részletesen foglalkozik Román Zsolt és Nagy Róbert, az Irodalomjegyzék 10. és 11. fsz-ú anyagaiban. A tervezést ma már korszerű, a nagysebességű folyamatokat modellezni képes szoftverek segítik (pl. ProSAir, ANSYS LS-DYNA).

A ROBBANTÁSOK HATÁSA AZ EMBERI SZERVEZETRE

¹⁴ Bővebben lásd, az irodalomjegyzék 17. és 18. fsz-ú anyagai ban

A támadások megelőzésére hivatott szervezetek, az építmények védelmén túl számításokat, kísérleteket végeztek arra vonatkozóan is, hogy egy adott méretű gépjárműben elhelyezhető robbanóanyag mennyiség, milyen pusztító hatását képes gyakorolni az emberi szervezetre? Ezeket az adatokat egy táblázatba rendezve, és a rendőri szerveknek átadva próbálják a bom-bamerényletek hatását elkerülni, a terület megfelelő kiürítésével (lásd a 3. sz. ábrát).

ATF	VEHICLE DESCRIPTION	MAXIMUM EXPLOSIVES CAPACITY	LETHAL AIR BLAST RANGE	MINIMUM EVACUATION DISTANCE	FALLING GLASS HAZARD
	COMPACT SEDAN	500 Pounds 227 Kilos (In Trunk)	100 Feet 30 Meters	1,500 Feet 457 Meters	1,250 Feet 381 Meters
	FULL SIZE SEDAN	1,000 Pounds 455 Kilos (In Trunk)	125 Feet 38 Meters	1,750 Feet 534 Meters	1,750 Feet 534 Meters
	PASSENGER VAN OR CARGO VAN	4,000 Pounds 1,818 Kilos	200 Feet 61 Meters	2,750 Feet 838 Meters	2,750 Feet 838 Meters
	SMALL BOX VAN (14 FT BOX)	10,000 Pounds 4,545 Kilos	300 Feet 91 Meters	3,750 Feet 1,143 Meters	3,750 Feet 1,143 Meters
	BOX VAN OR WATER/FUEL TRUCK	30,000 Pounds 13,636 Kilos	450 Feet 137 Meters	6,500 Feet 1,982 Meters	6,500 Feet 1,982 Meters
	SEMI-TRAILER	60,000 Pounds 27,273 Kilos	600 Feet 183 Meters	7,000 Feet 2,134 Meters	7,000 Feet 2,134 Meters

ATF I 5400.1 (01-99)

3. sz. ábra: Gépjármű bombák robbanásának hatása¹⁵

Mint az a táblázatból is látható, a szakemberek a robbanóanyag töltet emberi szervezetre káros robbanási hatásai közül a legnagyobb figyelmet, a lökéshullámra és a szétrepülő (itt első-sorban üveg) repeszek hatására fordították. Ugyanakkor a robbanás során nem elhanyagolható mérvű a keletkező magas hőmérséklet okozta égési sérülések lehetősége, és a lökéshullám által okozott fellökésből eredő hirtelen gyorsulás, majd a felületre lezuhanó test által elszenvedett hirtelen lassulás hatása sem.

A Műszaki Katonai Közlöny¹⁶ folyóiratban három folytatásban jelent meg a Defence R&D Canada¹⁷ által „Robbanások hatásai” címmel az IABTI¹⁸ hivatalos folyóirata, „A detonátor” számára készült publikáció fordítása [12] [13] [14]. A tanulmányt az ugyancsak kanadai Med-Eng System cég, a bombaruhák kifejlesztésénél használta. Az eredetileg öt cikkből álló sorozat bemutatta és elemezte a robbanások során létrejövő túlnyomás, repeszhatás, fellökés és hőhatás emberi sérüléseket előidéző következményeit.

A robbanási túlnyomással foglalkozó részben került bemutatásra az alábbi grafikon, mely akár pozitív következtetések levonását is eredményezhetné, a nem kontakt elhelyezésű robbanószerkezetek vonatkozásában. Azt látjuk ugyanis, hogy a nyomás a távolság függvényében igen drasztikusan csökken. Ezáltal nem elképzelhetetlen, hogy a robbanás közvetlen környezetében tartózkodó személynél végzetes, amputációt igénylő beavatkozásra van szükség, ugyanakkor, amikor a tüdő nem is szenved maradandó sérüléseket. A töltet robbanásától akár

¹⁵ Vehicle Bomb Explosion Hazard and Evacuation Distance Tables (1997 Arson and Explosives Incidents Report, Department of the Treasury Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms, Arson and Explosives Programs Division, National Repository Branch, Washington, DC 20226 – ATF P 3320.4 (5/99)

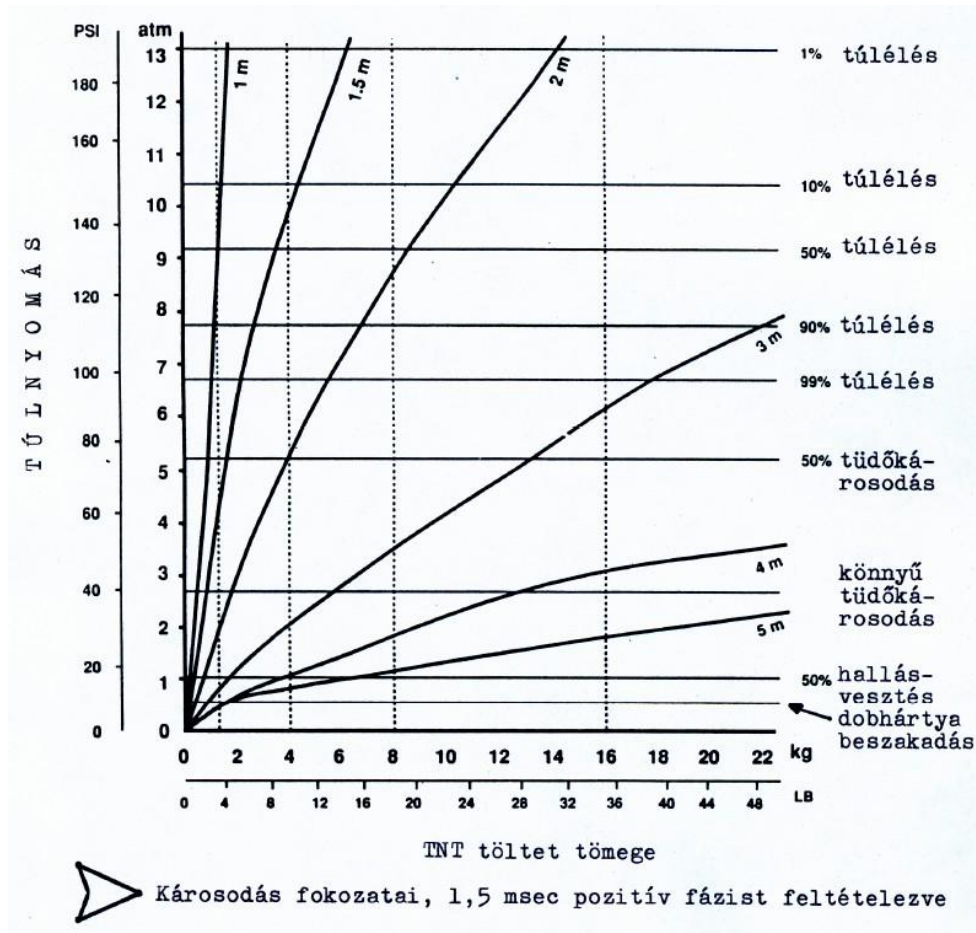
¹⁶ A Magyar Hadtudományi Társaság, Műszaki Szakosztályának folyóirata

¹⁷ Defence Research and Development Canada, <http://www.drdc-rddc.gc.ca/drdc/home-accueil/>

¹⁸ International Association of Bomb Technicians and Investigators - <https://www.iabti.org/>

csak néhány méterrel távolabb tartózkodva, már sokkal kisebb a sérülés, túlnyomás okozta mértéke.

Az értékek szabadtéri robbanásokra érvényesek: a függőleges tengelyen a túlnyomás található, a vízszintesen a robbanóanyag tömege, míg a ferde vonalak a töltettől mért távolságok paraméterei.¹⁹



4. ábra: Az elméleti túlnyomás értéke különböző tömegű, különböző távolságra, szabadon elhelyezett összpontosított töltetektől²⁰

A túlnyomás viszont csak az egyik pusztító tényező, mellyel a robbantásoknál számolnunk kell, és ha komplexitásában vizsgáljuk a sérülést okozó összes hatást, akkor sokkal rosszabb a helyzet.

A robbanások során a szétrepülő repeszek jelentik a következő veszélyforrást. A robbanótéstől közvetlenül származó repeszeket primer repeszeknek nevezik. Sebességük a katonai gyakorlatban elérheti a 2500 m/s értéket, sőt, ennél többet is.

Ugyanakkor a [12] tanulmány megállapítása szerint. „A nem katonai jellegű robbantások szilánkjai általában jóval kisebb sebességgel rendelkeznek. Észak-Amerikában és a Föld más országaiban is a terroristák kedvelt robbanó töltete a csőbomba. A dán hadsereg Műszaki Tiszti Iskolája számítógépes programot készített a szilánksebesség meghatározására (8). Eredményeik rendkívül érdekesek. Például egy 32 mm külső átmérőjű, 3 mm falvastagságú, brizáns robbanóanyaggal (pl. trotillal) töltött cső szétrepülő szilánkjai mintegy 1495 m/s kezdeti se-

¹⁹ A robbanási túlnyomás emberi szervezetre gyakorolt hatásához további adalékokkal szolgál dr. Hernád Máriának, az irodalomjegyzék [15] számú tanulmánya.

²⁰ Royal Canadian Mounted Police (Kanadai Királyi Lovas Rendőrség) tesztsorozat alapján 1988. július

bességgel rendelkeznek (8). Azt is kimutatták, hogy egy ilyen bomba 10 g-os szilánkjá egy védőruházat nélküli emberen még 140 m távolságból is komoly sérülést tud okozni. Érdekes, hogy kis brizanciájú töltetek esetén ugyanez a bomba még mindig 1100 m/s feletti sebességet képes produkálni.²¹

A robbanás során a környezetből származó, ún. szekunder repeszek sebessége lényegesen kisebb, mint a primer repeszeké, de mivel tömegük jelentősen nagyobb lehet, így pusztító hatásuk is jelentős. Ezt használják fel a terroristák, az építmények elleni robbantásos támadásoknál. Az Oklahoma City-ben 1995.04.15.-én, az Alfred P. Murrah Federal Building ellen elkövetett robbantásos merénylet során, a leomló épületrészek és a keletkező repeszek okozták a 168 haláleset és a több mint 680 főt érintő sérülés jelentős részét.

A robbantásos merényletek kapcsán ritkábban foglalkoznak a lökéshullám egy másik hatásával: a fellökésből eredő hirtelen gyorsulással, majd a felülethez csapódó test lassulásával. Egy 1989-ben végrehajtott kísérlet során a Kanadai Királyi Lovas Rendőrség, a járműiparban használatos próbabábuk segítségével megpróbálta számszerűsíteni a fej és a mellkas fenti hatásokból adódó sérüléseit, triaxiális gyorsulásmérőket helyezve a próbabábukba. Az álló helyzetű bábuktól 3 m távolságban robbantva 4 kg-os dinamit tölteteket, (a 3. számú ábra szerint, még TNT robbanóanyag esetén is csak 50 %-os valószínűségű tüdőkárosodás várható a túlnyomástól), a fejen 291 g-s gyorsulást, majd a felütközést követően 390 g-s lassulást mértek...

A kísérletek szerint, a fenti feltételeknek megfelelő hatás jön létre a távolság és a töltettömeg alábbi párosításainál is: 20 kg – 5 m; 12 kg – 4 m; 1,5 kg – 2.0 m; 0.5 kg – 1.5 m.

Oklahoma Cityben 2300 kg trotil hatásával egyenértékű robbanás történt...²²

KUTATÁS AZ ÉPÍTMÉNYEK ROBBANTÁSOS CSELEKMÉNYEK ELLENI VÉDELME

Az Óbudai Egyetem, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem jogelődjével, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemmel közösen 2011 első negyedévében jelentkezett a „TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kutatási projektek és kutatási szolgáltatások támogatása a közép-magyarországi régióban” címmel meghirdetett pályázatra. A sikeres pályázatot követően a két kedvezményezett konzorciumot hozott létre „Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” megnevezéssel. A projekt célja a kritikus infrastruktúra védelem területén nemzetközi színvonalon (és együttműködésben) végzett kutató-fejlesztő tevékenységhez szükséges kritikus tömegű humánkapacitás konszolidációja, szükség szerinti fejlesztése, valamint az e területeken végzett innováció támogatása.

A projekten belül az egyik kiemelt kutatási terület keretében kétéves kutatást folytatunk „Építmények védelme, megerősítése robbantásos cselekmények ellen” témában.

A Magyar Honvédség szerepvállalása a nemzetközi békefenntartó feladatokban (pl. az afganisztáni vagy az iraki missziókban) sürgető szükségszerűséggé tesz a robbantásos cselekmények vizsgálatát, az ellenük való védekezés adminisztratív, technikai/műszaki és szervezeti lehetőségeinek kutatását. A napi hírek bizonyítják, hogy a polgári lakosság elleni robbantásos cselekmények is határoktól függetlenül pusztíthatnak. Amíg a katonák esetében a hadszíntér egészen kellene védekezni, addig a békés mindennapokban, a kritikus infrastruktúra elemein

²¹ DR. SUSÁNSZKI Zoltán (ford.) – A robbanás emberre gyakorolt hatása I., Műszaki Katonai Közlöny, 1993/4. szám, pp. 14-15. ISSN 1219-4166

²² A robbanás fizikai hatásaihoz és az emberi szervezet védelmének lehetőségeihez további adalékokkal szolgál dr. Hernád Máriának, az irodalomjegyzék [16] számú tanulmánya

belül kell megtalálnunk azokat a létesítményeket (pl. kormányzati épületek), melyeknél előre fel kell készülni a robbantások hatásának csökkentésére, elhárítására.

A kutatás eredményeként, egyrészt a magyarországi környezetben található épületek terrorista merénylettekkel szembeni védelmének besorolási, osztályozási módszereit, eljárásait kívánjuk kidolgozni. Az osztályozás szempontjai alapvetően a szerkezet károsodásának mértéke és a bent lévő emberek életének a védelme szerint értendők. Vizsgáljuk továbbá, hogy az adott környezeti feltételek mellett egy kiemelt fontosságú objektum hogyan tehető biztonságosabbá? Kutatjuk az aktív és passzív védekezés lehetőségeit. A lakóépületeken, hivatali épületeken túl, a kutatás vizsgálja a katonai missziós feladatok létesítményeinek, táborainak védelmi lehetőségeit.

A kutatás tervezett részfeladatai az alábbiak:

- A robbantásos merényletek jellemzőinek meghatározása;
- Robbantásos merényletek – esettanulmányok;
- Kritikus infrastruktúra körébe tartozó létesítmények veszélyeztetettségének meghatározása kockázatelemzéssel;
- A robbanási hatások elleni védelmet szabályozó hazai és nemzetközi előírások tanulmányozása, kutatása, összehasonlítása;
- A robbanási lökéshullám építményekre gyakorolt hatásának modellezése, számítógépes programok (ProSAir, ANSYS LS DYNA) alkalmazásával;
- Kísérleti robbantások végrehajtása egyes szerkezeti elemek robbanásálló képességének vizsgálatára, a robbanási terhek pontosítására;
- Az adatok tükrében ajánlások kidolgozása az egyes építmények kialakítására, megerősítésére, védelmi képességének fokozására;
- A program alkalmazhatóságának vizsgálata missziós katonai műveletek Force Protection feladatai során;
- A program alkalmazhatóságának vizsgálata a katasztrófavédelmi feladatok során.

A jelölt kutatási eredmények alapján, a katonai, a rendvédelmi és a katasztrófavédelmi szervezetek képesek lehetnek egy adott terrorista merénylet gyanúja esetén, a robban(t)ás által érintett terület kiterjedésének a meghatározására. Képesek lehetnek a szükséges evakuálási terület nagyságát meghatározni adott mennyiségű, típusú világháborús robbanótestek helyszíni megsemmisítésekor. A fentiek fényében továbbá lehetőség nyílik a veszélyeztetett épületek kívánt mértékű megerősítésének meghatározására.

A projekt folyamán kiépített hazai és nemzetközi szakmai kapcsolatok révén, a témával kapcsolatos újabb eredmények megismerése, a program továbbfejlesztésének lehetőségét is magában hordja.

IRODALOM

1. LUKÁCS László: Bombafenyegetés – a robbanóanyagok története, Repüléstudományi Közlemények 2012. 2. szám, pp. 409-430. HU ISSN 1789-770X
2. LUKÁCS László: Kis aknatörténelem, Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények 6. évf. 3. szám, 2002. pp. 15-57.
3. DR. HUNYADI F. – LUKÁCS L. – DR. MUELLER O.: A robbantások elleni védekezés feladatai (Az épületek védelme robbantásos akciók ellen), BME, Mérnöktovábbképző Intézet, Budapest, 1993.
4. DR. KOVÁCS Zoltán - Terrorista robbantások – a kezdetek, Robbantástechnika, 2009. 1. szám, pp. 53-59. HU ISSN 1788-5671

5. A. MERARI – I. DIAMANT – A. BIBI – Y. BROSHI – G. ZAKIN: Personality Characteristics of „Self Martyrs“/“Suicide Bombers“ and organizers of Suicide Attacks, online publications, 19. December, 2009. Terrorism and Political Violence, <http://www.scribd.com/doc/46767174/Terrorism-and-Political-Violence>
6. DR. MUELLER Othmár: Bombariadó, Szövetkezeti Szervezési Iroda, Budapest, 1991.
7. LUKÁCS László: Robbantásos merényletek elkövetésének lehetősége Magyarországon, Hadtudomány, 1994/3. pp. 82-90.
8. DR. LUKÁCS László: Kiből lehet robbantó? A bombamerényletek humán oldala, előadás a Magyar Robbantástechnikai Egyesület, „Fúrás-robbantástechnika 2010” Nemzetközi Konferenciáján, Balatonkenese, 2010. szeptember 07-10. Megjelent a konferencia kiadványában, pp. 177-185. HU ISSN 1788-5671
9. Vehicle Bomb Explosion Hazard and Evacuation Distance Tables (1997 Arson and Explosives Incidents Report, Department of the Treasury Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms, Arson and Explosives Programs Division, National Repository Branch, Washington, DC 20226 – ATF P 3320.4 (5/99)
10. ROMÁN Zsolt: A robbantásos merényletek elleni védekezés során felmerülő kérdések, számítási módszerek és alkalmazásuk – a problémakör múltja és jelene, Műszaki Katonai Közlöny XX. évf. 1-4. összevont szám, 2010. pp. 273-308., ISSN 1219-4166
11. NAGY Róbert: Robbanásterhek közelítő felvétele, Repüléstudományi Közlemények, XIV. évf. 2. szám, 2012. pp. 80-96. HU ISSN 1789-770X
12. DR. SUSÁNSZKI Zoltán (ford.) – A robbanás emberre gyakorolt hatása I., Műszaki Katonai Közlöny, 1993/4. szám, pp. 3-18. ISSN 1219-4166
13. DR. SUSÁNSZKI Zoltán (ford.) – A robbanás emberre gyakorolt hatása II., Műszaki Katonai Közlöny, 1994/1. szám, pp. 19-28. ISSN 1219-4166
14. DR. SUSÁNSZKI Zoltán (ford.) – A robbanás emberre gyakorolt hatása III., Műszaki Katonai Közlöny, 1994/2. szám, pp. 3-24. ISSN 1219-4166
15. DR. HERNÁD Mária: Robbanási túlnyomás okozta sérülések jellegzetességei - előadás a „Defence Technology 2010“ VIth th International Symposium-on, ZMNE, BJKMK²³, Budapest, 2010. május 5-6. megjelent a konferencia kiadványában DVD-n, ISSN 1416-1443
16. DR. HERNÁD Mária: A robbanás fizikai hatásai és az élőrő védelmének lehetőségei, Hadmérnök IV. évfolyam 3. szám - 2009. szeptember, pp. 80-94. ISSN 1788-1919
17. SZALAMAHIN, T. M.: Fiziceszkije oszнови mehanyisheszkava gyejsztvija vzriva i metodi opregyelenijja vzrivnih nagruzok (A robbanás mechanikus hatásának fizikai alapjai és a robbanási erőhatások meghatározásának módjai), Kujbisev Katonai-Műszaki Akadémia, Moszkva, 1974.
18. VARGA József: Robbantás és műszaki zárás, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Műszaki Tanszék, Budapest, 1983.

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások „A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

„The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund.”

²³ Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Bolyai János Katonai Műszaki Kar

Prof. Dr. Szabó Sándor (CSc) – Dr. Tóth Rudolf¹ PhD)

ÉPÍTMÉNYEK ROBBANTÁSOS CSELEKMÉNYEK ELLENI VÉDELMEINEK NÖVELÉSI LEHETŐSÉGEI²

Korunk biztonsági kihívásai között a szakértők legnagyobb veszélyként a terrorizmust jelölik meg. A terrorcselekmények elkövetésének meglehetősen „bő receptúrája” alakult ki az elmúlt években. Sajnálatos, hogy az egyik legdurvább és az egyik leggyakrabban alkalmazott módszerré a robbantásos cselekmények váltak. Napjainkban a robbanóanyagok illegális beszerzése „nem jelent gondot”, ártalmatlan anyagokból történő előállításuk pedig nem igényel különösebb szakértelmet.

A nemzetbiztonsági szolgálatok, terrorelhárító szervezetek – külön-külön és együttműködve is – megkülönböztetett figyelmet fordítanak a terrorizmus elleni harcra, különösen a robbantásos cselekmények megelőzésére. A feladat nem könnyű, mivel a terrortámadások célpontja, ideje, helyszíne, szinte meghatározhatatlan, ezért a szakértők a megelőzésre fektetik a fő hangsúlyt. Felmérik a potenciálisan lehetséges célpontokat és a terrorcselekmény végrehajtási feltételeinek minimálisra csökkentésével igyekeznek azt megakadályozni.

A lehetséges célpontok között szerepelnek a forgalmas, nagytömegeket befogadó, vagy más szempontból különösen fontos objektumok, építmények.

Publikációnkban – a teljesség igénye nélkül – szeretnénk felvillantani a különböző építmények (mérnöki létesítmények) biztonságával kapcsolatos előírásokat, ajánlásokat, melyek célja ezen építmények védelmének garantálása, a lehetséges terrorcselekmények megelőzése, vagy hatásaik minimálisra csökkentése.

Kulcsszavak: építmények védelme; robbantásos cselekmények; terrorizmus elleni védelem;

BEVEZETÉS

Bevezető gondolatként röviden, a teljesség igénye nélkül szeretnénk felvillantani azokat a sarkalatos időpontokat, eseményeket, melyek napjainkra nemzetközi szintű összefogásra készítettek a „józanul gondolkodó” embereket, nemzeteket a terrorizmus elleni harcban.

A robbanószerek³ feltalálása⁴ óta igen hosszú idő telt el és ezeket a „szereket” megszámlálhatatlan esetben alkalmazták az emberiség javára és ellene is. A felfedezés vagy gyártás során bekövetkezett véletlen robbanások egyértelműen bizonyították ezen „szerek” „bűvös erejét”. Annak ellenére, hogy hosszú időn keresztül vallási ceremóniákon csak tűzijátékként használták őket, rájöttek arra is, hogy „másra” is felhasználható. Katonai alkalmazására a feljegyzések szerint először a 10. században került sor, amikor

¹ Dr. Szabó Sándor egyetemi tanár, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, szabo.sandor@uni-nke.hu
Dr. Tóth Rudolf egyetemi docens, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, toth.rudolf@uni-nke.hu
Lektorálta: Dr. Kovács Zoltán egyetemi docens.

² Robbantástechnika (HU-ISSN 1788-5671) konferencia kiadványban megjelent cikk másodközlése, pp. 50-60.

³ A robbanószerek olyan anyagok illetve anyagkeverékek, melyek igen nagy mennyiségű kémiai energiát tárolnak és égés során nagyon rövid idő alatt nagy energia leadására képesek (robbanás).

A robbanószerek összetételük alapján két fő csoportra oszthatók:

- robbanó keverékek;
- robbanóanyagok.

A robbanószerek közös ismérve, hogy az égést tápláló anyag mellett az égéshez szükséges oxigént is tartalmazzák. A robbanó keverékek külön tartalmazzák az éghető anyagot és az oxidálószeret, valamint az égést befolyásoló egyéb anyagokat. A robbanóanyagok esetén az oxigén, a homogén vegyületben kötött formában van jelen.

Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Robban%C3%B3szer> 2012.06.15.

⁴ Lásd részletesebben: Dr. Lukács László: „Bombafenyvetés – a robbanóanyagok története”. Repüléstudományi Közlemények: „Repüléstudományi Konferencia 2012” című konferencia kiadvány 409–430. oldalán.

bambuszcsövekből tüzes nyilakat lőttek ki vele.⁵ Az első ütközet, amelyben dokumentáltan fekete lőporos „tüzérséget” vetettek be, a Szung-dinasztia idején 1132. január 28-án zajlott le, ahol a hucsong nevű bambusz csövű ágyúkkal vették be Fujian városát.⁶ A lőpor elterjedése új lehetőségeket nyitott meg felhasználói számára. A megjelenő és elterjedő „tűzfegyverek” mellett, a lőport felhasználták a várak ostrománál – a korábbi földalatti aknaharc új „eszközékként”, puskaporos robbantással – a várfalak megbontására, leomlasztására is. A későbbiek során „újszerű alkalmazásként” jelent meg az úgynevezett „pokolgépes merénylet”. Egyik nagyon eklatáns példája az 1605. november 5-én, Londonban leleplezett pokolgépes merénylet előkészület, melynek során a katolikus lázadók 36 darab lőporos hordóval akarták felrobbantani Lordok Házát.

A negatív példák mellett meg kell említenünk a lőpor „békés” felhasználásának lehetőségeit is. A feketelőport, mint robbanóeszközt ipari célból Magyarországon használták először. A világra szóló jelentőségű esemény 1627. február 8-án történt, amikor a selmecebányai Weindl Gáspár bányamester puskaporral sikeresen robbantott vájatot a szélaknai Felsőbiber táróban. Ez volt a puskapor első békés célú alkalmazása a történelemben.⁷

A puskapor és lőfegyverek „korlátlan kereskedelmének” a 16. század végén vetettek véget, amikor is csak királyi engedéllyel lehetett ezen „termékeket” előállítani.⁸

E néhány gondolat úgy érezzük elegendő arra, hogy a robbanóanyagok alkalmazásának „jó” és „rossz” oldalait felvillantsa.

Természetesen a tudomány és technika fejlődésével új „szerek”, – robbanóanyagok – eszközök, alkalmazási elvek, eljárások jelentek meg és jelennek meg napjainkban is, melyek „rosszkezekbe” kerülve hatalmas veszélyt jelentenek az emberiség számára.

Ezek veszélyességére (ki és mire használhatja) már feltalálásuk után hamarosan rájöttek. Ennek ellenére egymásután jelentek meg és jelennek meg ma is, olyan leírások a „szerek” összetételéről, gyártásáról, amelyek lehetővé teszik ezen tiltott anyagok előállítását és bűnös célú felhasználását. Az idők folyamán a robbanószerre (robbantószer, robbanóanyag) vonatkozó előírások, szabályok nemzetközivé váltak és egyértelműen engedélyhez kötötték az ilyen eszközök és anyagok készítését, tartását, tárolását és felhasználását.

Az előírások további szigorítását a XX. és XXI. században elterjedő terroristarobbantások tették szükségessé.

Hazánkban – a nemzetközi előírásoknak megfelelően – a robbanóanyaggal vagy robbantószerrel való visszaélést – Büntető Törvénykönyv az alábbiak szerint szankcionálja:⁹

„263. § (1) Aki robbanóanyagot, robbantószeret vagy ezek felhasználására szolgáló készüléket engedély nélkül készít, megszerez, tart vagy a tartásukra nem jogosult személynek átad, büntetett követ el, és két évtől nyolc évig terjedő szabadságvesztéssel büntetendő.

(2) Aki robbanóanyagot, robbantószeret vagy ezek felhasználására szolgáló készüléket engedély nélkül vagy az engedély kereteit túllépve az ország területére behoz, onnan kivisz, vagy azon átszállít, büntetett követ el, és öt évtől tíz évig terjedő szabadságvesztéssel büntetendő.

⁵ A robbanóanyagok katonai gyakorlatban történő alkalmazását lásd részletesebben: Kovács Zoltán:

„Robbanóanyagok a katonai gyakorlatban”. *Robbantástechnika* 30 (2008) 43–47. oldal.

⁶ Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%81gy%C3%BA> 2012.05.16.

⁷ Forrás: <http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/magyar-kemia/ch06.html> 2012.06.16.

⁸ Forrás: <http://www.tortenelemklub.com/ujkor/kora-ujkor-1500-1700/158-a-puskapor-megjelenese> 2012.06.16.

⁹ Forrás: http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=97800004.TV 2012.06.17.

(3) A büntetés az (1) bekezdés esetén öt évtől tíz évig, a (2) bekezdés esetén öt évtől tizenöt évig terjedő szabadságvesztés, ha a bűncselekményt

- a) üzletszerűen,
- b) bűnszövetségben követik el.

(4) Aki a (2) bekezdésben meghatározott bűncselekményre irányuló előkészületet követ el, büntett miatt öt évig terjedő szabadságvesztéssel büntetendő.”

Miért ezek a szigorú büntetések? A kérdésre adandó választ megkapjuk, ha áttekintjük a robbanóanyagok környezetre gyakorolt hatásait.

A ROBBANÁS (ROBBANTÁS) KÖRNYEZETRE GYAKOROLT HATÁSAI

Roger Bacon 1244-ben közli a puskapor összetételét és hozzáfűzi: ”csekély mennyiség elegendő ebből az anyagból arra, hogy nagy világosságot árásson szét: borzasztó robbanás kíséretében gyullad föl, elpusztíthat várost és egész sereget.”¹⁰

A teljesség igénye nélkül röviden tekintsük át, hogy a robbanásnak (robbantásnak) milyen környezetre gyakorolt hatásai vannak.

A robbanások (robbantások) káros környezeti hatásai:^{11, 12, 13}

- A repesz- (törmelék-) hatás;
- A szeizmikus hatás;
- A léglökési hullám hatása;
- A hőhatás;
- A porhatás;
- A hanghatás;
- A mérgező gázok hatása.

A robbanás (robbantás) pusztító hatásainak jobb megértése érdekében tekintsük át röviden ezen jellemzőket.

A repesz- (törmelék-) hatás alatt értjük a robbanószerkezet és a robbantással megbontott elemek, vagy annak közelében lévő egyéb anyagok (tárgyak) robbanás hatására történő szétszóródását és azok veszélyeztető (károsító) hatásait.

A szétrepülő repeszek (törmelékek) lehetnek fém-, fadarabok, üvegszilánkok, kövek, építőanyagok, vagy akár bútorok is. A keletkező repeszek súlyos sérüléseket okozhatnak embereknek, élőlényeknek és rongálhatják (rombolhatják), károsítják az épített és természetes környezetet. Az emberi a testbe hatolva roncsolódást, amputációt okozhatnak, vagy magát a testet repíthetik el, ami ilyenkor nekicsapódhat valamilyen kemény felületnek, tárgynak, és további sérülést, akár halált is okozhatnak.

A szeizmikus hatás alatt alapvetően a robbantás keltette rezgések hatásait értjük. (Szeizmikus hatást okozhatnak a robbantás következtében földre zuhanó szerkezeti elemek, vagy az összeomló épületek is. Lásd World Trade Center.)

A robbantások keltette rezgések hatásai nem olyan látványosak és legtöbbször nem olyan közvetlen hatásúak, mint a repeszekből, vagy léglökésből eredő hatások, károk. A szeizmikus szempontból veszélyes körzetnek tekinthető a robbantás középpontjától mért azon távolság

¹⁰ Forrás: <http://www.tapyr.hu/pirotechnika.pdf> 2012.06.15.

¹¹ Forrás: <http://detonatorhun.hostzi.com/Alapfogalmak.html> 2012.06.19.

¹² Forrás: <http://gyujtoforras.hu/?p=891> 2012.06.19.

¹³ Forrás: <http://pyromaster.org/html/3.html> 2012.06.19.

határa, ahol a talajban terjedő rezgések meghaladják az 1 mm/s sebesség értéket. Szeizmikus rezgési sebesség szempontjából az 1 mm/s sebességű rezgés elhanyagolható, még az 50 mm/s sebességű rezgés kritikusan magasnak tekinthető.

A felszíni robbanás (robbantás) keltette **léglökési hullám hatása** alatt a robbanásból származó, az atmoszférában a forró gázok gyors kitágulása által keltett hullámjelenség hatására bekövetkező rombolásokat, pusztításokat értjük. A robbanás során létrejövő léglökési hullám két részből áll. Az első szakaszban **nyomáshullám** jön létre, a második szakaszban pedig **légritkulás**. A nyomáshullám egyfajta tolóerőt, a légritkulás pedig szívóerőt fejt ki. A léglökési hullám a robbanás középpontjából a tér minden irányába terjedő hullám.

A robbanóanyagok detonációja során a kémiai átalakulás jelentős hőfelszabadulással jár, továbbá a nagy sebességgel távozó anyagi részecskék a környezetben jelentős nyomásváltozást okoznak. A robbanás során a robbanóanyag felszínére merőlegesen, a gyors átalakulás következtében az keletkező gáztermékek 1–2000 m/s sebességgel távoznak, melynek során a hőmérséklet a robbanóanyag fajtájától függően elérheti az akár 3000 °C-ot is. A térfogat a másodperc tört része alatt az eredeti térfogat 1000 szeresére is nőhet, ami jelentős nyomásérték változást okoz a robbanás környezetében. A távozó gázok sebessége kezdetben nagyobb, mint a hangsebesség, ami a tágulással és távolság növekedésével csökken, és 12-szeres töltetátmérő távolságra eléri a hangsebességet, amikor is hallhatóvá válik. A szilárd felszín felett felrobbantott töltet keltette lökőhullámok a talajnak ütközve visszaverődnek és ütköznek a később beérkező hullámelemekkel, és ezáltal ütőhullámokat hoznak létre. Az ütőhullámok sajátossága, hogy merőlegesen a visszaverő felületre és sebességük meghaladják az azt gerjesztő lökőhullámok sebességét.

„A robbanás nem más, mint az energia mennyiségének szélsőséges módon történő, gyors növekedése, és felszabadulása. A heves hőfelszabadulás következtében a felrobbanó anyag és a környezetében lévő levegő is nagyon felmelegszik, nyomása megnövekszik. Ez hozza létre azt a léglökési hullámot, amely valójában felelős a robbanás pusztításáért.”¹⁴

A fentiekből látható, hogy a robbanás során kialakuló léglökési és ütőhullámok a különböző objektumok pusztítása mellett az élőszervezetre is káros hatással van. Elsősorban dobhártya és tüdőszövetekkel lehet számolni.¹⁵

A hőhatás a robbanás során hirtelen felszabaduló hőenergia következménye, kísérőjelensége. (A robbanás során 1500–3000 °C-os, esetenként magasabb hőmérséklet is létrejöhet.) Károsító hatásait alapvetően a detonációs tűzgolyó által, illetve a robbanást követően keletkezett tüzek formájában fejt ki. A hőhatás károsító hatását fokozhatják repeszhatás következtében szétszóródó égő vagy felhevült anyagok, szerkezeti elemek által okozott másodlagos gyújtóhatások is. Élőlényekre fokozott veszélyt jelentenek a magas hőmérséklet, vagy tűz okozta kontakt égési sérülések, vagy a felforrósodott levegő belégzése.

A porhatás alatt értjük a robbantással megbontott (összedőlt) elemek, vagy annak közelében lévő egyéb anyagok, illetve a környezetből „felkapott” aprószemcsés elemek robbanás hatására történő „lebegő” szétterülését, majd kihullását. A porhatás megnehezíti, esetenként lehetetlenné teheti a mentési munkák végrehajtását is. Az élőszervezetre a széttroncsolt környezetből származó por belégzése súlyos egészségkárosodást okozhat.

A hanghatás a robbanás egyik kísérőjelensége, mely a levegőben továbbterjedő nyomásváltozási hullámok formájában jelenik meg és válik hallhatóvá. A hanghullámok szilárd felületnek ütközve, azokon rezgéseket okoznak. Objektumoknál a hangnyomásra

¹⁴ Forrás: <http://gyujtoforras.hu/?p=891> 2012.06.19.

¹⁵ Forrás: Hernád Mária: „A robbanás fizikai hatásai és az élőerő védelmének lehetőségei.” Hadmérnök IV. évfolyam 3. szám. 2009. 80–94. oldal.

érzékeny elemek az ablaküvegek, melyek törésük során súlyos sérüléseket okozhatnak. Az élőlényekre vonatkozóan a rövid időtartamú, de igen nagy erősségű – 140 dB feletti – hangok hatására hallászervi károsodások alakulhatnak ki. (dobhártya szakadás, a középfülben bevérzés.)

A mérgező gázok hatása alatt a felrobbanó robbanóanyagok fajtájától függően a belőlük képződő mérgező hatású égéstermékek (pl. nehézfémgőzök, szén-monoxid, nitrózusgázok), valamint a széttroncsolt környezetből származó por élőlényekre gyakorolt egészségkárosító következményeit értjük (fulladás, bénulás). A mérgező gázok hatásai különösen veszélyesek a zárttérben végrehajtott robbantások során.



1. sz. kép A robbanás pillanata (tűzgömb, repesz, törmelékhatás)¹⁶



2. sz. kép A mérgező füstök terjedése¹⁷



3. sz. kép A porhatás jelensége¹⁸



4. sz. kép A robbantás „eredménye”¹⁹

Úgy gondoljuk, hogy a képek szemléletesen bizonyítják, hogy a robbanás (robbantás) felbecsülhetetlen károk okozására képes, melyek ellen védekezni szükséges.

¹⁶ Forrás: <http://www.darkgovernment.com/news/wp-content/uploads/2010/02/911-attack.jpg> 2012.06.20.

¹⁷ Forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/File:WTC_smoking_on_9-11.jpeg 2012.06.20.

¹⁸ Forrás: <http://wtceo.org/> 2012.06.20.

¹⁹ Forrás: <http://www.abc.net.au/news/2011-08-30/ten-years-since-sept-11/2862282> 2012.06.20.

A TERRORCSELEKMÉNYEK ELLENI TEVÉKENYSÉGEK SZABÁLYOZÁSA

Előző cikkünkben²⁰ részletesen foglalkoztunk a terrorizmus és a terrorcselekmények fogalmával, jellemzőivel, a potenciális célobjektumokkal, valamint az elkövetés lehetséges eszközeivel, módszereivel, így ezekre most nem térünk ki.

Írásunk további részében a terrorcselekmények megelőzése, valamint hatásai minimálisra csökkentése érdekében hozott nemzeti és nemzetközi szabályozókat tekintjük át röviden, különös tekintettel az építmények robbantásos cselekmények elleni védelmének növelési lehetőségeire.

A terrorizmus elleni „egységes” fellépés gondolata nem mai keletű. A történelmi események bizonyítják, hogy egy-egy nagyjelentőségű „terrorista akció” után nemzeti és nemzetközi összefogás kérdése számtalan esetben felmerült, de valós gyakorlati lépések ritkán születtek. Kardos Gábor: „Miért nehéz a terrorizmus ellen jogi eszközökkel védekezni?”²¹ című írásában példaként említi meg az 1856-ban kiadott belga merényleti záradékot, valamint az 1937-ben – a Népszövetség égisze alatt – két egyezmény kidolgozását a terrorizmus elleni küzdelem érdekében. A két kidolgozott egyezmény sohasem lépett hatályba, mivel nem született meg a nemzetközi hatálybalépésükhöz szükséges kellőszámú megerősítés.

A terrorizmus elleni harcban a második világháborút követően következett be döntő fordulat. A szaporodó terrorcselekmények – alapvetően repülőgép eltérítések és robbantások – egyre hatékonyabb fellépésre ösztönözték a nemzeti és nemzetközi szervezeteket, köztük az ENSZ-t is. (Az ENSZ Közgyűlés általános elítélő határozatai nem csökkentették, akadályozták a terrorcselekmények elkövetését.) Az „összefogás” első eredményeinek tekinthető a légi járművek fedélzetén elkövetett bűncselekményekről és egyéb cselekményekről szóló 1963. évi Tokiói Egyezmény, valamint a repülőgép-elterítések visszaszorítását célzó 1970-ben aláírt hágai egyezmény, illetve a polgári repülés biztonságát veszélyeztető jogellenes cselekmények visszaszorítását célzó 1971-es montreali egyezmény. (Hazánkban az 1971. évi 24. törvényerejű rendelet a légi járművek fedélzetén elkövetett bűncselekményekről és egyéb cselekményekről szóló Tokióban, az 1963. évi szeptember hó 14. napján kelt Egyezmény kihirdetéséről, az 1972. évi 8. tvr. a légi járművek jogellenes hatalomba kerítésének leküzdéséről Hágában, az 1970. évi december hó 16. napján aláírt Egyezmény kihirdetéséről (máj. 13.), valamint az 1973. évi 17. törvényerejű rendelet a polgári repülés biztonsága elleni jogellenes cselekmények leküzdéséről Montrealban, az 1971. évi szeptember hó 23. napján aláírt egyezmény kihirdetéséről szóló rendeletben kerültek be a hazai jogalkotásba.)

A továbbra sem csökkenő és egyre kegyetlenebb terrorcselekmények hatására „felgyorsult” a „nemzetközi törvényhozás” apparátusának tevékenysége. Egyre-másra jelentek meg nemzeti, nemzetközi szintű szabályozások, ajánlások a terrorizmus visszaszorítására. Ezen szabályozások bemutatása meglehetősen hosszú lenne, ezért publikációnk további részében csak a robbantásos terrorcselekményekhez kapcsolódó legfontosabb szabályzókat, előírásokat tekintjük át röviden.

A múlt század hetvenes és nyolcvanas éveiben megszorodtak e repülőgép eltérítések, robbantások, melyek ellen az International Civil Aviation Organization (ICAO) – Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet és az ENSZ egyre határozottabb nemzetközi fellépést sürgetett. Ennek eredményeként született meg Montrealban 1991. március hó 1-én a plasztik

²⁰ Szabó Sándor, Tóth Rudolf: „A repülőtéri létesítmények robbantásos cselekmények elleni védelmének növelési lehetőségei.” Repüléstudományi Közlemények XXIV. évfolyam, 2012./2. Különszám, pp. 190–217.

²¹ Forrás: Kardos Gábor: „Miért nehéz a terrorizmus ellen jogi eszközökkel védekezni?” http://zskflnk.uw.hu/nk/terrorizmus_III.pdf. 2012.06.12.

robbanóanyagok megjelöléséről szóló egyezmény. A repülőgépek mellet új célpontokként jelentek meg a terroristák céltábláin a nagykövetségek, fontos középületek, a vasút, valamint a metró is. A bekövetkezett terrortámadások hatására született meg 1998. január 19-én a Terrorista bombatámadások leküzdéséről szóló New York-i Egyezmény. A 2001. szeptember 9-i események sokkolták a világ közvéleményét. Az Egyesült Államok válasza a terrorizmus elleni háború volt. A 2002 szeptemberében kialakított amerikai nemzetbiztonsági stratégia a terrorizmus teljes felszámolását tűzte ki célul. „A törvény létrehozta a „Nemzetbiztonsági Minisztériumot”, (Department of Homeland Security) melynek „elsődleges missziója, hogy megóvja az Egyesült Államokat a terrortámadásoktól, csökkentse az USA terrorizmussal szembeni sérülékenységét, minimalizálja az ebből fakadó károkat, és segítséget nyújtson az azokból való felépítésben.”²² A NATO 2001. szeptember 11-i eseményeket követően kapcsolódott be aktívan a terrorizmus elleni küzdelembe. „A NATO intézkedései, amelyeket a 2001. szeptember 11-ei terrortámadás nyomán a béke és biztonság fenntartásáért hozott, kétségkívül nagy hatásúak és hozzájárultak a terrorizmus szerepének és súlyának csökkentéséhez.”²³

A szeptember 11-i eseményeket követően nemzeti és nemzetközi szinten is számtalan intézkedés látott napvilágot és lépett életbe, melynek alapvető célja terrorizmus visszaszorítása, a terrorista cselekmények elkövetésének megakadályozása, következményeinek minimálisra csökkentése. (Például: A NATO polgári veszélyhelyzeti tervezés (Civil Emergency Planning – CEP); Létfontosságú Infrastruktúrák Európai Programja (European Programme for Critical Infrastructure Protection – EPCIP); ENSZ Globális terrorizmus elleni stratégia (United Nations Global Counter Terrorism Strategy); (A NATO Terrorizmus elleni védelem munkaprogramja (NATO’s Defence Against Terrorism programme of work); Force protection (Az erők védelme); Az ICAO rendszabályai „házi készítésű robbanószerkek” alkalmazásának megakadályozására; Az Egyesült Államok Védelmi Minisztériumának kiadványa az épületek terrorizmus elleni védelmének minimum követelményeire vonatkozóan (US DoD Minimum Antiterrorism Standards For Buildings; stb.)

AZ ÉPÍTMÉNYEK ROBBANTÁSOS CSELEKMÉNYEK ELLENI VÉDELMEVEL KAPCSOLATOS SZABÁLYOZÁSOK

Mint látható a 2001. szeptember 11-i események után megszámlálhatatlan intézkedés, előírás és ajánlás látott napvilágot. Kutatási témánk szempontjából elsősorban azok a szabályozók az elsőrendűek, melyek az építmények robbantásos cselekmények elleni védelmével kapcsolatosak.

Mielőtt rátérnék ezen szabályozók áttekintésére úgy gondoljuk célszerű tisztázni mit is értünk az építmény fogalma alatt, mire vonatkoznak ezek az előírások, ajánlások.

A Magyar Országgyűlés a 2006. február 13-i ülésnapján elfogadta a 2006. évi L. törvényt, mely az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvényt módosítja. Ezen törvény 2. §-ának 8. pontja az alábbiak szerint határozza meg az építmény fogalmát.²⁴

²² Ernszt Ildikó: „A nemzetközi légit közlekedés védelme” PhD értekezés, Pécsi Tudományegyetem Állam és Jogtudományi Kar Doktori Iskola. 2007. Letöltve: 2012.01.23. http://doktori-iskola.law.pte.hu/files/tiny_mce/File/Archiv2/Ernszt_Ildiko_ertekezés.pdf. 169. oldal.

²³ Forrás: <http://www.biztonsagpolitika.hu/?id=16&aid=1105> 2012.05.22.

²⁴ Forrás: <http://www.complex.hu/kzldat/t0600050.htm/t0600050.htm> 2012.06.20.

„**Építmény:** építési tevékenységgel létrehozott, illetve késztermékként az építési helyszínre szállított, – rendeltetésére, szerkezeti megoldására, anyagára, készültségi fokára és kiterjedésére tekintet nélkül – minden olyan helyhez kötött műszaki alkotás, amely a terepszint, a víz vagy az azok alatti talaj, illetve azok feletti légtér megváltoztatásával, beépítésével jön létre. Az építményhez tartoznak annak rendeltetésszerű és biztonságos használatához, működéséhez, működtetéséhez szükséges alapvető műszaki és technológiai berendezések is (az építmény az épület és műtárgy gyűjtőfogalma).”

A törvény 2. §-ának 18. pontja a sajátos építményfajták fogalmát az alábbiak szerint definiálja:

„**Sajátos építményfajták:** többnyire épületnek nem minősülő, közlekedési, hírközlési, közmű- és energiaellátási, vízellátási és vízgazdálkodási, bányaműveléssel, környezetvédelemmel kapcsolatos és atomenergia alkalmazására szolgáló, valamint a honvédelmi és katonai, továbbá a nemzetbiztonsági célú, illetve rendeltetésű, sajátos technológiájú építmények (mérnöki létesítmények), amelyek létesítésekor – az építményekre vonatkozó általános érvényű településrendezési és építési követelményrendszeren túlmenően – eltérő, vagy sajátos, csak arra a rendeltetésű építményre jellemző, kiegészítő követelmények megállapítására és kielégítésére van szükség.”

Az építmények robbanás elleni védelme nem új keletű. Az atomfegyverek megjelenését követően szakértők vizsgálták az atomrobbanás hatásait a különböző építményekre vonatkozóan. A kísérletek, számítások tapasztalatai alapján szabályzatok előírások jelentek meg az építmények – elsősorban az óvóhelyek – kialakítására, létesítésére. A kétpólusú világrendszer megszűnését követően – az atomfegyver alkalmazási lehetőségeinek minimálisra csökkenése miatt – még az óvóhelyekre vonatkozó építési előírások is kikerültek a jogszabályokból. Fontosságukra az Amerikai Egyesült Államokban jöttek rá, amikor több sikeres terrorista merényletet követtek el fontos állami, és középületek ellen. Az amerikai Védelmi Minisztérium szakértői az 1996. június 25-én, Dhahran városában (Szaúd-Arábia) a Khobar-torony elleni terrortámadás utáni vizsgálatok kapcsán azt a megállítást tették, hogy a saját kormányzati épületeiknek semmilyen védelme nincs a robbantásos cselekmények hatásival szemben.

Ezen esemény hatására kezdték el kidolgozni azt az épületek robbanóhatásokkal szembeni védelmének irányelveit tartalmazó ajánlásokat, valamint 1999-ben kiadták a jelenlegi 4-010-01-es szabvány elődjét. 2001. szeptember 11-i eseményeket követően ismét komoly hangsúlyt fektettek az ilyen irányú kutatásokra. A Védelmi Minisztérium tanulmányokat készített a kormányzati épületek védelmére vonatkozóan és újabb ajánlásokat fogalmazott meg, melyeket beépítettek a kormányzati épületek rekonstrukciós programjaiba, illetve az új építésű építményeknél kötelezővé tették ezen előírások betartását.²⁵ Az USA által elkészített főbb dokumentumok, melyek az építmények ilyen irányú védelmének szabályozási hátterét képezik:²⁶

- 4-010-01 Unified Facilities Criteria – Department of Defense: Minimum Antiterrorism Standards for Buildings²⁷ – Egységes létesítményi követelmények – Védelmi Minisztérium: Az épületek terrorizmus elleni védelmének minimum követelményei.

²⁵ Gyakorlati megvalósításuk példáit lásd: Balogh Zsuzsanna: „Tisztes távolság – optimális védőtávolság robbantásos támadások esetén.” Repüléstudományi Közlemények XXIV. évfolyam, 2. szám 380–386. oldal. http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/30_Balogh_Zsuzsanna.pdf 2012.05.21.

²⁶ Forrás: Laczik Balázs: „Épületek robbantásos terrorista cselekmények elleni védelmének nemzetközi és hazai jogi szabályozása valamint a védekezés módjai, formái és eszközei.” Kézirat. 2012. 1–19. oldal. Felhasználva a szerző engedélyével.

²⁷ Forrás: http://www.wbdg.org/ccb/DOD/UFC/ufc_4_010_01.pdf 2012.03.11.

- 4-010-02 Unified Facilities Criteria – Department of Defense: Minimum Antiterrorism Standoff Distances for Buildings – Egységes létesítményi követelmények – Védelmi Minisztérium:
- Risk Management Series Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings – FEMA 426 December 2003.²⁸ – Kockázatkezelési kézikönyv az építmények ellen lehetséges terrortámadások enyhítésére.
- Risk Management Series Reference Manual A How-to Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings – FEMA 452 January 2005.²⁹ – Kockázatkezelési kézikönyv – Útmutató az épületek elleni lehetséges terrortámadások hatásainak enyhítésére.
- Risk Management Series Reference Manual Incremental Protection for Existing Commercial Buildings from Terrorist Attacks – FEMA 459 April 2008.³⁰ – Kockázatkezelési kézikönyv a meglévő kereskedelmi épületek védelmének növelési lehetőségeire a terrortámadásoktól.

Természetesen az általunk kiemelt és legfontosabbnak tartott előírások és ajánlások mellett, még számtalan ilyen jellegű dokumentumot lehetne megemlíteni, amely egy-egy rész kérdés gyakorlat orientált, igen részletes kifejtését és megvalósítási lehetőségeit mutatja be. Sajnos cikkünkben a szabályozásuk ilyen részletes bemutatására terjedelmi okok miatt nincs lehetőség.

Az építmények robbantásos cselekmények elleni védelmének alapidokumentumaként az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma által kiadott Unified Facilities Criteria (UFC) – UFC 4-010-01 – Department of Defense: Minimum Antiterrorism Standards for Buildings – Egységes létesítményi követelmények – Védelmi Minisztérium: Az épületek terrorizmus elleni védelmének minimum követelményei tekinthető.

A dokumentum felépítését tekintve 2 fejezetből és 4 függelékből áll.

Az első fejezetben az általános elvek kerülnek megfogalmazásra. Az egyes alfejezetek foglalkoznak a dokumentum kidolgozásának céljával, a kiváltó okokkal. Kiemeli az egyének, vezetők, parancsnokok és szervezetek felelősségét a terrorizmus elleni harc sikere érdekében. A dokumentum rögzíti a felelősségi és döntéshozatali jogköröket, kiemelt figyelmet fordít a tervezésre, integrációra. A gondos tervezés mellett hangsúlyozza az eljárás-rendek kidolgozásának szükségességét, melyekhez igazodni kell egy-egy „nem várt esemény” bekövetkezése alkalmával. A dokumentum részletesen meghatározza a létesítménytervek tartalmát is. Az általános építési követelmények betartása – az UFC 1-200-01 „Általános Építési Követelmények” alapján – megfelelő modellt biztosít a tervezési, építési, alkalmazhatósági, fenntarthatósági, helyreállítási és korszerűsítési feladatok végrehajtásához.

A 2. fejezet tartalmazza azokat a filozófiákat, tervezési stratégiákat, feltételezéseket, melyeken a szabvány előírásai alapulnak. A fejezet célja, hogy megfelelő háttérrel és alapvető értelmezést adjon az 1. fejezetben és a függelékekben található követelmények jobb megértéséhez, az előírások ésszerű megvalósításához, mely a hatékony védelem egyik alapja.

A védelem filozófiája azon meg gondoláson alapul, hogy az építmények átfogó – minden „esetre és cselekményre” kiterjedő – védelme megfizethetetlen, ezért a megfelelő szintű védelmet kell megvalósítani elfogadható áron. (A körülmények figyelembevételével a

²⁸ Forrás: <http://www.fema.gov/pdf/plan/prevent/rms/426/fema426.pdf> 2012.03.11.

²⁹ Forrás: <http://www.wbdg.org/ccb/DHS/fema452.pdf> 2012.03.11.

³⁰ Forrás: http://www.fema.gov/library/file?type=publishedFile&file=fema459_complete.pdf&fileid=a80f4650-17ac-11dd-825d-001185636a87 2012.03.11.

legnagyobb biztonságot nyújtsa a legkisebb költségráfordítás mellett.³¹⁾ A dokumentum előírások megvalósításának három fő elemét emeli ki: az idő; a „szaktervezés”; és kivitelezési gyakorlat (megvalósítás).

A tervezési stratégiák (különböző dokumentumok³²⁾ keretén belül az ajánlások nem minden esetben adnak egyértelmű útmutatást, magyarázatot, ezért ezen fejezetben belül kerülnek értelmezésre a legfontosabb ajánlások magyarázatai. (Például Maximális biztonsági távolság; Az építmény összeomlásának megakadályozása; A veszélyes kirepülő törmelékek minimalizálása; Az építmény hatékony elrendezése; A levegőben terjedő szennyeződések korlátozása; stb.)

Az ajánlások kidolgozói feltételezéseik során abból indultak ki, hogy a terrorista fenyegetés helyszíne, mérete és jellege kiszámíthatatlan. A szabvány előírásai a feltételezett fenyegetések egy tartományán alapulnak, ami egy ésszerű irányt mutat a védekezés megvalósítására. Az eddigi támadások tapasztalatait elemezve tipizálásra, rögzítésre kerültek a terroristák által leggyakrabban alkalmazott módszerek, eljárások és azok jellemzői. (Például: Robbanóanyagok: Gépjármű bombák; Vízi jármű bombák; Elhelyezett bombák³³⁾; Levél bombák; Közvetlen- és közvetett irányzású tűzfegyverek; A vegyi, biológiai és radiológiai fegyverek; Ellenőrzés és beléptetés: Jármű akadályok; Területek ellenőrzése; Utak és parkolók, parkolás; Védelmi szintek; Az alkalmazható robbanóanyag tömege; Biztonsági távolságok; Akadálymentes terek; Beléptető létesítmények, pontok; Az épület kihasználtsági szintje; Az építmények üvegezése; Az előírások alól mentesített épület típusok; Katonai védelmi építmények; Kereskedelmi létesítmények; Irányelvek és eljárások; Egyéb tervezési szempontok; A képzés.)

A dokumentum mellékletei közül az „A” melléklet – APPENDIX A GLOSSARY – az alkalmazott rövidítések feloldását és az alapfogalmak magyarázatát tartalmazza. A „B” melléklet – APPENDIX B DOD MINIMUM ANTITERRORISM STANDARDS FOR NEW AND EXISTING BUILDINGS – Az új és meglévő épületek terrorizmus elleni védelmének minimum követelményeit foglalja össze. A „C” mellékletben – APPENDIX C RECOMMENDED ADDITIONAL ANTITERRORISM MEASURES FOR NEW AND EXISTING BUILDINGS – Az ajánlott kiegészítő intézkedéseket tartalmazza az új és meglévő épületekre vonatkozóan. A „D” függelék – APPENDIX D DOD MINIMUM ANTITERRORISM STANDARDS FOR EXPEDITIONARY STRUCTURES – A terrorizmus elleni védelmének minimum követelményeit foglalja össze az expedíciós (Külföldön harcoló erők által használt³⁴⁾ szerkezetekre vonatkozóan.

A dokumentum előírásai a Védelmi Minisztérium valamennyi szervezetére vonatkoznak.

ÖSSZEGZÉS

A robbanóanyagok felfedezése alapvető változásokat hozott az emberiség életében. Ezeket a „szereket” megszámlálhatatlan esetben alkalmazták az emberiség javára és ellene is. A robbanóanyagokban rejlő hatalmas energia felhasználható „jó” és „rossz” célokra egyaránt. Sajnálatos, hogy napjainkra odáig jutottunk, hogy a robbanószerekkel elkövetett

³¹⁾ A szerzők megjegyzése.

³²⁾ A szerzők megjegyzése: A tervezési stratégiákkal több dokumentum is foglalkozik. (Lásd

³³⁾ Alkalmazásuk lehetőségeit lásd részletesebben: Dr. Kovács Zoltán: „Repülőterek védelme improvizált robbanóeszközök (IED) ellen.” Repüléstudományi Közlemények XXIV. évfolyam, 2. szám 70–79. oldal. <http://www.szrfk.hu/rtk/> 2012.05.21.

³⁴⁾ A szerzők megjegyzése.

terrorcselekmények nemzetközi szintű összefogásra készítették a „józanul gondolkodó” embereket, nemzeteket a terrorizmus elleni harcban.

A nemzetbiztonsági szolgálatok, terrorelhárító szervezetek – külön-külön és együttműködve is – megkülönböztetett figyelmet fordítanak a terrorizmus elleni harcra, különösen a robbantásos cselekmények megelőzésére. A feladat nem könnyű, mivel a terrortámadások célpontja, ideje, helyszíne, szinte meghatározhatatlan, ezért a szakértők a megelőzésre fektetik a fő hangsúlyt. Felmérik a potenciálisan lehetséges célpontokat és a terrorcselekmény végrehajtási feltételeinek minimálisra csökkentésével igyekeznek azt megakadályozni.

A lehetséges célpontok között szerepelnek a forgalmas, nagytömegeket befogadó, vagy más szempontból különösen fontos objektumok, építmények, így ezek védelmére különös figyelmet kell fordítani.

Az építmények robbanóhatásokkal szembeni védelmének irányelveit tartalmazó ajánlásokat első ízben 1999-ben adták ki, majd. 2001. szeptember 11-i eseményeket követően a jelenlegi 4-010-01-es ajánlásokat. Az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma jelenleg is komoly kutatásokat végez a kormányzati épületek védelmére vonatkozóan és újabb ajánlásokat fogalmaz meg, melyeket beépítenek a kormányzati épületek rekonstrukciós programjaiba, illetve az új építésű építményeknél kötelezővé teszik ezen előírások betartását.

Sajnálatos dolog, hogy a meglévő ajánlások ellenére jelenleg nagyon kevés ország dolgozta be ezen javaslatokat az építési szabványaiba.

IRODALOM

1. BALOGH Zsuzsanna: „Tisztes távolság – optimális védőtávolság robbantásos támadások esetén.” Repüléstudományi Közlemények XXIV. évfolyam, 2. szám 380–386. oldal.
http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2012_cikkek/30_Balogh_Zsuzsanna.pdf
2012.05.21.
2. ERNSZT Ildikó: „A nemzetközi légiközlekedés védelme” PhD értekezés, Pécsi Tudományegyetem Állam és Jogtudományi Kar Doktori Iskola. 2007. http://doktori-iskola.law.pte.hu/files/tiny_mce/File/Archiv2/Ernszt_Ildiko_ertekezes.pdf
3. HERNÁD Mária: „A robbanás fizikai hatásai és az élőerő védelmének lehetőségei.” Hadmérnök IV. évfolyam 3. szám. 2009. 80–94. oldal.
4. KARDOS Gábor: „Miért nehéz a terrorizmus ellen jogi eszközökkel védekezni?”
http://zskflnk.uw.hu/nk/terrorizmus_III.pdf
5. KOVÁCS Zoltán: „Repülőterek védelme improvizált robbanóeszközök (IED) ellen.” Repüléstudományi Közlemények XXIV. évfolyam, 2. szám 70–79. oldal.
<http://www.szrfk.hu/rtk/> 2012.05.21.
6. KOVÁCS Zoltán: „Robbanóanyagok a katonai gyakorlatban”. Robbantástechnika 30 (2008) 43–47. oldal.
7. LACZIK Balázs: „Épületek robbantásos terrorista cselekmények elleni védelmének nemzetközi és hazai jogi szabályozása valamint a védekezés módjai, formái és eszközei.” Kézirat. 2012. 1–19. oldal.
8. LUKÁCS László: „Bombafenyegetés – a robbanóanyagok története”. Repüléstudományi Közlemények: „Repüléstudományi Konferencia 2012” című konferencia kiadvány 409–430. oldal.
9. SZABÓ Sándor, TÓTH Rudolf: „A repülőtéri létesítmények robbantásos cselekmények elleni védelmének növelési lehetőségei.” Repüléstudományi Közlemények XXIV. évfolyam, 2012./2. Különszám, 190–217. oldal.
10. <http://detonatorhun.hostzi.com/Alapfogalmak.html>

11. http://en.wikipedia.org/wiki/File:WTC_smoking_on_9-11.jpeg
12. <http://gyujtoforras.hu/?p=891>
13. <http://hu.wikipedia.org/wiki/Robban%C3%B3szer>
14. <http://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%81gy%C3%BA>
15. http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=97800004.TV
16. <http://pyromaster.org/html/3.html>
17. <http://wtceo.org/>
18. <http://www.abc.net.au/news/2011-08-30/ten-years-since-sept-11/2862282>
19. <http://www.biztonsagpolitika.hu/?id=16&aid=1105>
20. <http://www.complex.hu/kzldat/t0600050.htm/t0600050.htm>
21. <http://www.darkgovernment.com/news/wp-content/uploads/2010/02/911-attack.jpg>
22. http://www.fema.gov/library/file?type=publishedFile&file=fema459_complete.pdf&fileid=a80f4650-17ac-11dd-825d-001185636a87
23. <http://www.fema.gov/pdf/plan/prevent/rms/426/fema426.pdf>
24. <http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/magyar-kemia/ch06.html>
25. <http://www.tapyr.hu/pirotechnika.pdf>
26. <http://www.tortenelemklub.com/ujkor/kora-ujkor-1500-1700/158-a-puskapor-megjelenese>
27. <http://www.wbdg.org/ccb/DHS/fema452.pdf>
28. http://www.wbdg.org/ccb/DOD/UFC/ufc_4_010_01.pdf

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások „A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

„The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund.”

Daruka Norbert¹

BŰNÖS CÉLÚ ROBBANÓSZERKEZETEK ALKALMAZÁSÁNAK ÉS HATÁSTALANÍTÁSÁNAK SAJÁTOSSÁGAI²

ÖSSZEGZÉS: A bűnös célú robbanóeszközök gyors fejlődésének hatására egyre nagyobb szerepet kap a rögtönzött robbanóeszközök szakszerű kezelése. A bűnös szándékkal elhelyezett robbanószerkezetek kivitelezése gyakran az emberi elképzelések határait feszegeti. Senki sem gondolná, hogy akár egyszerű háztartási hulladékok is felhasználhatók egy-egy improvizált robbanószerkezet indítóegysége gyanánt. Nem csak az eszközök felkutatása jelent kiemelkedő veszélyforrásokat, a még fel nem robbant eszközök megsemmisítése is precíziós munkát és odafigyelést igényel. Nem eshetünk azonban abba a hibába, hogy készség szintre fejlesszük tevékenységünket, hiszen a terroriszervezetek is folyamatosan megfigyelik és elemzik a mentesítési tevékenységet és sajnos kijelenthető, hogy alkalmazzák is a megszerzett információkat. Szeretném bemutatni az ismert terrorista eljárás módokat, valamint a védekezés elméleti és gyakorlati lehetőségeit.

Kulcsszavak: tűzserész, robbanószerkezet, terrorizmus, terror taktika

ASZIMMETRIKUS HADVISELÉS – MODERNKORI TERRORIZMUS

A háborúk évről évre változtak a történelem folyamán. Már nem csak a hagyományos szimmetrikus harcérintkezés a legfőbb harci stratégia, egyre ritkábban lehet találkozni a mai hadszínterek területén a hagyományos két oldalra felvonuló csapatok ütközetével. Az úgynevezett aszimmetrikus harcmodorban a támadó - aki szinte elérhetetlen, megfoghatatlan, láthatatlan - nehezíti a dolgot azzal is, hogy nem csak a hagyományos fegyverekkel harcol, hanem az egyszerűen előállítható, házi készítésű robbanószerkezeteket is alkalmaz. Az aszimmetrikus hadviselés az aszimmetrikus kihívásokhoz kapcsolható tevékenység, amikor a végrehajtók – legtöbbször öngyilkos merénylők – hajtanak végre katonai akciókat, általában a magasabb technikai színvonalon álló féllel szemben. Az aszimmetrikus kihívások olyan nem hagyományos, vagy nem költséges ártó szándékú akciók, amelyek kivédésére nem készültek fel megfelelően (terrorizmus, a tömegpusztító fegyverek bevetése, vagy azokkal való fenyegetés). Ez a hadviselési forma a nem költséges, egyszerű eszközökkel és módszerekkel végrehajtott – gyakran önfeláldozó – gerilla, partizán jellegű rajtaütéseket és egyéb akciókat magában foglaló tevékenységek köre. Így a „gyengébb” technikai felszereltségű, a kevesebb kiképzést végrehajtó, általában a megszállt területeken harcoló fél fegyvere, módszere a megszállókkal szemben. Ebbe a körbe tartoznak: öngyilkos merényletek, bombatámadások, utánpótlási vonalak, szállítási útvonalak rombolása, valamint az ellenség ellátásának, utánpótlásának akadályozása egyéb akciókkal. Legtöbbször nagyon nehéz a felderítése, illetve alkalmazói nem tartják be a hadviselés előírásait. A modernkori terrorizmus a technikai haladással lépést tartó és annak vívmányait kihasználva, egyre váratlanabb és pusztítóbb hatású akciókra képes. A korábban csak katonai célokra alkalmazott robbanóanyagok is elérhetőbbé váltak a civilek számára. Ezzel szinte egyidejűleg megjelentek a bombák házi előállítását leíró „szakácskönyvek”, szerelési útmutatók. Az elkövetők eszköze, a védekezés módja és az új védekezési eljárás módok jelentősen megváltoztak. Napjainkban egyre elterjedtebb a házi készítésű robbanóeszköz használata. Az improvizált robbanóeszközök

¹ Magyar Honvédség 1. Honvéd Tűzserész és Hadihajós Ezred; E-mail: daruka.norbi@gmail.com

² Robbantástechnika (HU-ISSN 1788-5671) konferencia kiadványban megjelent cikk másodközlése, pp. 109-117.

olyan rombolóhatású nem nagyüzemi módon előállított bombák, amelyek a romboló vagy halálos hatást egészségre ártalmas anyagokkal, pirotechnikai eszközökkel vagy gyújtóhatású vegyi anyagokkal érik el. Alkalmazásuk célja személyek vagy gépjárművek alkalmatlanná tétele a harci alkalmazásra. Magánszemélyek vagy terrorista szervezetek szponzorálásával működtetett internetes források segítségével akár hozzá nem értő, laikus személy, vagy egy alacsony képzettségű személy is képes egy egyszerű IED³-et előállítani. Maga a robbanóeszköz egyszerű: robbanótöltetből és gyújtószerkezetből áll. Formájukat, az alkalmazott gyújtási módokat, a robbanóerőt és robbanótöltetet illetően azonban már sokfélék lehetnek. Mivel szinte mindent fel lehet használni a házilag készített robbanószerkezetekhez, így a csoportosításuk és az ellenük való védekezés is igen nehéz. Minden egyes nap újabb és újabb eszközök kerülnek elő, új módszereket találnak ki a szerkezetek készítői. Az ilyen típusú robbanóeszközök között elég nagy átfedés van, egy-egy szerkezetre nem lehet azt mondani, hogy csak egyféleképpen és egyedül lehet alkalmazni. A gyakorlat azt mutatja, hogy a szerkezeteket kombinálva is alkalmazzák a nagyobb hatásfok érdekében.

BŰNÖS CÉLÚ ROBBANÓSZERKEZETEK ALKALMAZÁSÁNAK SAJÁTOSÁGAI

A házi készítésű robbanószerkezetek alkalmazását a környezeti körülmények folyamatos változása és az alkalmazandó robbanószerkezet alkotóelemeinek hozzáférhetősége jelentősen befolyásolja. A robbanószerkezetek tervezői és kivitelezői a szerkezetek kialakításánál a legegyszerűbben hozzáférhető és beszerezhető anyagokat használják. Az eszközök felderítésében és ez által a terrorista sejtek felkutatásában ezek az alkotóelemek jelenthetik szinte az egyetlen segítséget. Több jelentés és tanulmány is foglalkozik a házi készítésű robbanószerkezetek területi megjelenésével. Egyes országokban jól el lehet különíteni az egyes területeken alkalmazott improvizált robbanóeszközöket. Az egyik legkedveltebb robbanóeszköz, melyet az egyszerűsége miatt leggyakrabban alkalmaznak elsősorban katonai gépjárművek ellen a nyomólemezes robbanószerkezet. Ez az egyik leggyakrabban használt áldozat által működtetett robbanószerkezet, melyet az ellenséges erők nehezen észrevehető helyekre telepítenek. Ezek lehetnek egyszerű gyalogsági, vagy harckocsi akna elven működő szerkezetek, illetve a felszedés, hatástalanítás ellen biztosított aknacsapdák. Utóbbi elsősorban olyan helyeken használják, ahol korábban már megfigyelték egy megtalált robbanószerkezet felszedésének és hatástalanításának folyamatát. Az ilyen eszközök indítási mechanizmusa széles skálát ölel fel, az egyszerű biztosítószeget kihúzásával működő gyújtótól az áramkör megszakításán át a sokkal bonyolultabb eszközökig terjed. Az előtalált eszközök kivizsgálása során megállapítható, hogy nincs fizikai kapcsolat a telepítő és az áldozat között, az áldozat saját maga indítja a robbanást. Egyes esetekben az eszközök telepítése sokkal előbb megtörténhet, mint maga az élesítés.

Az áldozat által működésbe hozott házi készítésű robbanó szerkezet egyik jelentős problémája, hogy nincs biztosítva a szerkezet célirányos működtetése, vagyis ember és állat egyaránt működésbe hozhatja. A nyomó lemezes házi készítésű robbanó szerkezet⁴ fő robbanó töltetének helyére szinte bármi behelyettesíthető, akár fel nem robbant robbanószerkezet, akár házi készítésű robbanóanyag, de még irányított hatású robbanószerkezet is. A támadónak nem kell a helyszínen tartózkodnia ahhoz, hogy a robbanás bekövetkezzen. Az eszköz legnagyobb hátránya a civil lakosságot illetően, hogy bárki, illetve

³ Improvised Explosive Device - nem hagyományos eljárással előállított „házi készítésű” robbanó szerkezet
Lásd bővebben: Dr. Kovács Zoltán - Background of protection from Improvised Explosive Devices; Blasting Techniques 2012; ISBN 978-80-970265-4-7, pp.: 163-168.

⁴ PPIED - Pressure Plate Improvised Explosive Devices - Nyomó lemezes házi készítésű robbanó szerkezet

bármilyen elműködtesse a szerkezetet. Lehet az akár civil vagy saját csapat, vagy csak egy állat. Ugyancsak hátrány, hogy nem eléggé kezelés biztos. Ha a telepítés során a szerkezet áramkörei összezárnak, akkor bekövetkezhet a robbanás. Az eszközt nagy fém tartalma miatt egyszerű kereső berendezésekkel is könnyű lokalizálni, bár egy fűrészlap, gumibroncs vagy mosószivacs nem kelt nagy feltűnést és egy avatatlan szem sem észleli minden esetben a veszélyt. A nyomó lemezes robbanószerkezetek kezdeti kialakításánál nem számított ki vagy mi indítja a szerkezetet, így gyakran a területen bolyongó állatok is elműködteszték az eszközöket. Nagyobb problémát jelentett, hogy a terroristák saját szervezetükön belül is pusztítottak, hiszen aki nem lett beavatva a robbanószerkezet helyét, vagy helyeit illetően az gyakran áldozatként végezte. A megoldást először a terület jelölésével oldották meg. Dupla gumibroncs vagy adott színűre festett kövek jelölték a veszélyes terület határait. A jelek értelmezése után már sem a katonai konvojokra, sem a civil áldozatokra nem jelentett veszélyt ez az eljárás. Az újabb megoldást a dupla nyomó lemezes robbanószerkezet jelentette. A terroristák megfigyelték, hogy a katonai gépjárművek tengelytávja sokkal nagyobb, mint a saját gépjárműveiké. A megoldás tehát az volt, hogy a két nyomólemezt olyan távolságra helyezik egymástól, hogy azt egy adott pillanatban csak a nagy tengelytávolságú gépjárművek tudják működésbe hozni. A robbanószerkezet tehát csak akkor lépett működésbe, amikor a két nyomólemez egy adott pillanatban zárta az áramkört, így a kis tengelytávolságú gépjárművek zavartalanul tudtak közlekedni a területen, mivel azok nem tudták egy adott pillanatban a nyomólemezek segítségével működésbe hozni a szerkezetet.



1. ábra: VOPPIED - Áldozat által indított nyomó lapos házi készítésű robbanó szerkezet indító egysége⁵

A legtöbb felderített eszköznél a két fűrészlap alkalmazása volt a megfigyelhető, így egy már bevált eszközkialakítást terjesztettek egymás között a terroristák. Egy szempontból ez előnyös, hiszen a működési elv és kialakítás alapján könnyű felkészíteni a katonákat erre a veszélyforrásra. Más részről nagy hátrány, hogy egy működő mechanizmussal látták el a gyakran tudatlan merénylőket. Az eszközt olcsó előállítás és a hozzávalók könnyű beszerzése tette népszerűvé. Két fém lap közé valamilyen szigetelő anyagot tesznek. Ha nyomást gyakorolnak, a felső fém lapra, a lapok összeérnek és a hozzájuk erősített vezetőkeken keresztül záródik az áramkör. Az előtalált eszközök működésképtelenségét a fém lapok közé került szennyeződés (homok, kavics, kisebb szikla) okozta, mely megakadályozza a lapok érintkezését, vagy a működőképességet biztosító áramforrás lemerülése akadályozta meg az elműködést. Ezt követően alkalmazták a szigetelést a szerkezet körül.

Az eszközök ellen a leghatékonyabban fémkereső műszerekkel tudunk védekezni. A VMH-3 kis mélységű aknakereső műszer indukciós elven működik. Aknakereső eszköz lévén nagyon

⁵ Forrás: Bukta Balázs: Improvizált Robbanó Szerkezetek, MH 1.HTHE IED jegyzet, oktatási segédanyag, 1.kiadás 2011.

érzékeny, hogy a legminimálisabb fémtartalmat is érzékelje. Kialakításából adódóan alkalmazható, nagy aljnövényzetben vagy sekély vízben, kezelése könnyen elsajátítható.



2. ábra: VMH-3 Kismélységű aknakereső műszer tárolási és használati állapotban⁶

Mérési mélység talajsűrűségtől és környezeti szennyezettségtől függően maximálisan 50 cm. Alkalmos éjszakai vagy rejtett munkára is egy esetleges harcérintkezés közben, mert visszajelzései állíthatók, ezek lehetnek hang, fény, rezgés vagy ezek kombinációi, így minden esetben a helyszínen választható ki a legoptimálisabb beállítás. Tűzszerező munkáknál a robbanó test előtalálásának környékét minden esetben felderítjük, további fém komponens tartalmazó eszköz után, de alkalmazható még kis kiterjedésű területek felderítésére, ahol az átvizsgálási mélységnek nem kell meghaladnia az 50 cm-t.

Egy másik csoportba sorolhatók azok a bűnös céllal előállított robbanószerkezetek, melyek nem az áldozat, hanem a merénylő közreműködésével érik el a felhasznált robbanóanyag iniciálását. Ezek az eszközök a merénylők döntésének megfelelően lépnek működésbe azonnali tűzgyújtással, késleltetéssel, távirányítással. Az ilyen típusú robbanószerkezeteknél a merénylők folyamatosan figyelemmel kísérik az események alakulását, egyik változatnál nagy távolságból, míg a másikonál az ellenségnek a helyszínhez viszonylag közel kell tartózkodnia, vagy egy megfigyelő személyt kell alkalmaznia, s így közvetett módon történik az eszközök indítása. Mivel a merénylőnek vagy a közvetítő személynek a merénylet helyszínének közelében kell tartózkodnia ezért az ilyen típusú terrorcselekményeknél az esetek többségében előkeríthető a támadó és a szervezet felderítésére is lehetőség nyílik. A legnagyobb számban öngyilkos merénylők követik el a bűnös célú robbantásokat. A módszer, hogy a merénylő mellényt, övet, implantátumba rejtett robbanóanyagot hoz működésbe csak abból szempontból fontos, hogy az alkalmazott eljárással mekkora területen fejt ki romboló vagy halálos hatást. Ezekben az esetekben a személy vagy személyek kiszűrése jelent jelentős problémát. Általában az öngyilkos merénylők zsúfolt piactereken, közlekedési csomópontokban vagy katonai objektumok bejáratánál alkalmazzák ezeket az eljárásokat. Az elkövetők minden esetben próbálnak alkalmazkodni a helyi sajátosságokhoz, így Irak és Afganisztán tekintetében kijelenthető, hogy az esetek túlnyomó többségében hosszú bő ruházatot úgynevezett csadort⁷ viselnek. Az ilyen esetekben a védekezés nagyon körülményes

⁶ Forrás: <http://www.vallon.de/products.lasso?a=mine-detection&b=2>; Letöltés: 2012.06.17.

⁷ A csador egy külső ruhanemű, amit főleg az iráni muzulmán nők hordanak, mellyel be tudják tartani az iszlám hidzsáb öltözködésre vonatkozó törvényét. A csador a viselője teljes magasságára szabott, félkör alakú, ujjkivágás nélküli anyagdarab, melynek nyitott az eleje. Kézzel, fogakkal fogva vagy a derék köré tekerve zárják össze viselői.

és gyakran nem is kivitelezhető. Arra nincs lehetőség, hogy minden személyt egyesével átvizsgáljanak, így csak a gyanúsaknak vélt személyeket lehet vizsgálat alá vonni. Az elkövetők azonban erre is felkészültek. Ha megnézünk egy-egy a valóságtól nem nagyon elrugaszkodott átvizsgálási eljárást vagy módszert, láthatjuk, hogy a célszemélyt elkülönítik a többi járókelőtől, felszólítják, hogy nem tegyen hirtelen mozdulatot és emelje a kezét a feje fölé. A következő lépésben már arra kéri, utasítják, hogy kezeit a feje mögött kulcsolja össze, és ha szükséges ereszkedjen térdre, vagy álljon a falhoz. Az öngyilkos merénylők éppen ezeket az átvizsgálási mozzanatokot jegyezték meg és fordították a javukra. A testükre erősített robbanószerkezetet úgy alakították át, hogy nem csak úgynevezett gombnyomásra, vagy indító elengedésére lépjen működésbe, hanem záródó áramkört iktattak a szerkezetbe. Ez azt jelenti, hogy a ruhájukon keresztül fűzve mindkét tenyerükig egy-egy vezetékot helyeztek el és ha kiszűrték őket a tömegből, majd felszólították, hogy emelje fel a kezét és kulcsolja össze, akkor csak annyi volt a dolguk, hogy a tenyerüket a fejük mögött összeérintsék. Ez azért is volt biztos megoldás, mert a katonák nem mentek olyan közel a merénylőhöz, hogy a vezetékot észrevegyék és mivel az elkövető felemelte kezeit, ezért az az akadály is elhárult a robbanás csillapításánál, amit a kezei jelentettek. Sajnos védekezéséppen csak annyit tehetünk az ilyen esetek ellen, hogy kiértékeljük a már bekövetkezett eseményeket és megpróbálunk mi is alkalmazkodni a terroristák módszereihez. Sajnos ehhez mindig be kell következnie egy tragédiának, mert az elkövetők egy lépéssel előttünk járnak. A személyek elkülönítésénél így azt a módszert kell alkalmazni, hogy a kezeiket oldalsó középtartásba kell tartani és érdemes robbanóanyag kereső kutyákkal végezteni a feltételezett elkövetők átvizsgálását.

Az öngyilkos merénylők csoportjába tartozik, de a robbolás hatóereje miatt külön kell kezelni a gépjárműves öngyilkos merénylőt.⁸ A gépjárműves öngyilkos merénylő a gépjárműbe szerelt robbanó szerkezet célba juttatását végzi. Ennél a típusnál a gépjárművet nem egy előre meghatározott helyre állítják, majd hozzák működésbe, hanem a közlekedés közben előre vagy kínáló alkalomszerűen vezetik bele egy kiválasztott célpontba. Fontos megemlíteni, hogy az ilyen eszközöknél fenn áll a kettős indítás veszélye, így ha az elkövető meggondolná magát, meginogna a hite, a társa, aki folyamatosan figyeli az eseményeket, úgynevezett külső indítással működésbe hozhatja a robbanószerkezetet. Gyakran alkalmazzák ennél a típusnál a külső érintkezőket is, így ha a katonák időben észlelik a veszélyt és esetleg megsemmisítik a támadót, akkor is robban a szerkezet, ha az autó leáll, vagy nekiütközik valaminek. Ezt a fajta elkövetési módot csak hatékonyan működő ellenőrző áteresztő pontok alkalmazásával lehet felderíteni, míg előre meghatározott célpontok mellett a röntgenberendezésekkel történő átvizsgálás jelenthet megoldást.



3. ábra: Gépjárműben elrejtett bomba röntgenképe⁹

⁸ SVBIED - Suicide Vehicle Borne Improvised Explosive Device - Gépjárműves öngyilkos merénylő

⁹ Forrás: <http://bombariado.info.hu/tudastar/technikai-eszkozok/>; Letöltés: 2012.06.17.

Hatékony védekezésnek számított a kiemelt létesítmények közelében a gépjárművek közlekedésének akadályozása. Egy-egy betonból készített akadály, megemelt útburkolati szegélyek, különböző sorompók megfelelő védelmet biztosítottak a gépjárművel támadó öngyilkos merénylők ellen. Az elkövetők ebben az esetben is elemezték, hogy hol lehetne a védekezési eljárásokban hibát találni. A megoldást a konvojban közlekedő gépjárműves öngyilkos merénylők¹⁰ jelentették. Az eljárásmodot a katonai szleng csak „faltörő kos”-ként emlegeti. Felépítését tekintve megegyezik a gépjárműbe szerelt öngyilkos merénylő fajtájával, csak az eszköz alkalmazásában találkozhatunk a különbséggel. Itt több, általában három gépjármű egymás utáni összehangolt támadásáról beszélünk. Az első öngyilkos merénylő gépjármű átüti a fizikai akadályt a cél és a merénylő között, a második a berobbantott területet megtisztítja, míg a harmadik a kijelölt célt semmisíti meg. A három gépjármű miatt a robbanóanyag mennyisége nagyon nagy és nagyon hatásos, ezért is nevezik ezt a módszert faltörő kosnak. Az említett eljárásra hatékony megoldás még nem létezik. Ahhoz, hogy egy ilyen összehangolt támadás ellen védekezni lehessen, nem csak a fizikai akadályokat kell pontosan elhelyezni a veszélyeztetett objektumok közelében, de az épületet is már a tervezés fázisában a robbantásos cselekmények káros hatásai kellene méretezni. Az adott témában folynak kutatások, de hatékony megoldás még nem létezik.

TÜZSZERÉSZEK FENYEGETETTSÉGE HADMŰVELETI TERÜLETEN

A hadműveleti területeken dolgozó tűzszerészek fokozott veszélyeknek vannak kitéve az improvizált robbanószerkezeteket illetően, hiszen nem csak mozogniuk kell a fenyegetett területeken, hanem az előtalált robbanószerkezeteket is hatástalanítainuk, megsemmisíteniük kell. Ha egy tűzszerész csoport jól végzi a dolgát egy hadműveleti területen, akkor az jelentős problémákat jelent a területen befolyással bíró terrorista sejtnek, esetleg haduraknak. Mivel a robbanószerkezetekkel foglalkozó szakemberek ritkán találkoznak számukra is ismeretlen robbanótestekkel, így az eszközökkel való bánásmód is ha nem is gyorsan, de elsajátítható. A terrorszervezetek tagja jól megfigyelték az egyes nemzetek eljárásmodjait és a tapasztalataikat feldolgozva állítottak csapdát a mentesítést végzők számára. Megfigyelték, hogy ha egyes robbanótesteken nincs szerelésre utaló jel és környezetében sincs házilag készített robbanószerkezetnek nyoma, akkor az eszközt az esetek többségében a gépjárműre rakják és elszállítják egy gyűjtőhelyre, majd megsemmisítik. A történelem ismétli önmagát – szól az ismerős kifejezés, ezt alapulvéve jöhetett létre az elnevezés „trójai”. Az eljárás annyit takar, hogy az említett, látszólag sértetlen robbanótestet úgy alakítják át, hogy az ne szúrjon szemet a területen dolgozó tűzszerészeknek. Miután az eszközt és környékét megvizsgálták azt elhelyezik saját gépjárműveiken és amint elindulnak, hogy az a gyűjtőhelyre szállítsák az eszköz működésbe lép. A hatályos műveleti utasítások az esetből okulva már több országban foglalkozott a felmerülő problémával. A tűzszerészek csak akkor szállíthatják el a látszólag sértetlen robbanótestet, ha azt a megfelelő röntgenberendezéssel átvilágították. A megoldás nem túl bonyolult egy egyszerű röntgenberendezéssel megoldható.

Az ilyen feladatokra kiválóan alkalmas az XRS-3 kisméretű röntgensugár generátor, amely a saját eltávolítható akkumulátorcsomagjáról működik. Az XRS-3 egy impulzus üzemi röntgen eszköz, amely igen kis időtartamú (50 ns) röntgensugár impulzusokat állít elő. Viszonylag kis dózis mennyiségeket állít elő. Az eszköz által előállított energia maximum 270 kVp (kilovolt peak - csőfeszültség mértékegysége), amely lehetővé teszi 2,54 cm vastag acéllemez röntgensugárral történő átvilágítását.

¹⁰ Piggy Bag SVBIED - „Faltörő Kos”- konvojban támadó gépjárműves öngyilkos merénylők



4. ábra: XRS-3 röntgen sugárforrás¹¹

A terrrorszervezetek megpróbálták a röntgennel történő átvizsgálás ellen is használható lépéseket hozni, de ezekkel már nem érték el a kívánt hatást. Az átalakított robbanótestek belsejét olyan anyaggal bélelték ki, amely nem engedi át a röntgensugarakat, azonban ez már feltűnik az avatott szemnek és nem esnek csapdába.

REJTETT ROBBANÓSZERKEZETEK DETEKTÁLÁSA

A tűzszerészeknek gyakran kell robbanóanyagot, robbanó szerkezeteket keresniük emberi szem által normál esetben nem látható helyeken, így például a föld alatt, esetleg járművek vagy csomagok belsejében. Mindehhez rengeteg technikai eszköz áll rendelkezésükre: kereső tükör, kereső lámpa, endoszkóp, robbanóanyag detektor, különböző fémkeresők, sztetoszkóp, vegyi reagensek, röntgen, szűrőbot, hangdetektor. A rejtett robbanószerkezeteket családjába sorolhatók a robbanó postai küldemények.

A robbanó postai küldemények a terrorista merényletek olyan sajátos eszközei, ahol a pokolgép elhelyezéséhez az elkövetőnek meg sem kell jelennie a robbantás helyszínén. Az ilyen eszközök alkalmazásánál a küldemény egy olyan tárgy, amelyet egy személynek vagy szervezetnek név szerint megcímeztek és a posta, vagy egy ismert szállító továbbította. Ha postai úton történik a kézbesítés, nem lehet pontosan tudni, hogy mikor kapja meg a címzett a küldeményt. Emiatt szinte kizárható egy késleltetett szerkezet alkalmazása és feltételezhető, hogy kinyitáskor lép működésbe a robbanóeszköz. Csomag esetében, különösen, ha azt nem postai úton kézbesítették, hanem például a bejárathoz helyezték el, már valószínűsíthető, hogy késleltetéssel, távindítással vagy csak egyszerű elmozdítással is elműködtethető. A robbanó postai küldemények célba juttatása történhet normál postai küldeményként; megfigyelt postaládába, postafiókba helyezve a készítője által; harmadik személlyel (közvetítő-, megbízott személy, stb.) történő célba juttatással.

A csomagbomba egyszerű felépítésű csomagolás, robbanóanyag és indítószervezetek alkotja. Veszélyessége abban rejlik, hogy nagyobb mennyiségű robbanóanyag helyezhető el benne, így a pusztítás hatósugarai jelentős mértékben növekedhet. Katonai, polgári vagy házi készítésű robbanóanyagokkal készítik a szerkezeteket. A leggyakrabban használt robbanóanyagok a TNT, pentrit, hexogén, detalemez, szalagtöltet. A csomagküldemények sajátosságából adódóan nem tűnik fel, ha egy csomag súlya esetleg eléri a 15-20 kg-ot, így lehetőséget biztosít hatásmenővelő repeszek elhelyezésére is. Nehezíti a felderítést, azaz elterjedőben lévő módszer, amikor a papíryanag robbanóanyaggal van impregnálva. Az átvilágítás elkerülése érdekében gyakran alufólia bevonattal látják el a boríték belsejét. Az indítószervezetének működési elve alapján lehet mechanikus, kémiai, elektromos vagy ezek kombinációja. Szerencsére ezt az eljárásmodot a szállítóeszközök típusától függően csak kis

¹¹ Forrás: <http://sdsgroup.co.uk/xrs-3-portable-x-ray-generator>; Letöltés 2012.06.17.

hatósugárban lehet alkalmazni, hiszen repülőgépeken, postavonatokon és talán még nagytávolságú postai osztályozókon is átvizsgálják. A célba juttatás azonban egyszerű egy úgynevezett „szállítószolgálat” közbeiktatásával, ahol ritkán vagy egyáltalán nem vizsgálják át a küldeményeket.

A gyanús csomagok tűzszerész szempontú átvizsgálását egy foX-Trekkal hordozható röntgen rendszerrel lehet megvalósítani. A foX-Trekkal egy számítógép alapú, magas fokon álló röntgensugaras vizsgáló rendszer, amely alkalmas az összes tárgy kinyitás, illetve megbontás nélküli átvizsgálását. Alkalmazási köre magába foglalja robbanóeszközök felderítését, kábítószercsempész átkutatást, igazságügyi és VIP biztonsági, valamint NDT roncsolás mentes vizsgálatokat.



5-6. ábra: foX-Trekkal Vidisco hordozható röntgen rendszer és a kijelző munka közben¹²

Az eszköz egy személy hátára mállázható, könnyen szállítható készülék. A fő összetevői a VCU videó kamera egység, amely 50 méteres kábellel csatlakozik egy hordozható számítógéphez és egy röntgensugárforrás. A rendszer használatakor a röntgensugárforrás a vizsgálandó tárgy előtt és a VCU pedig közvetlenül mögötte helyezkedik el. A teljes rendszert a kezelő biztonságos távolságból vezérelheti a számítógépről.

ÖSSZEFOGLALÓ

A terrorizmussal szembeni harc vagy fenyegetettség manapság bárkit, bármikor érintő kérdéssé válhat. A nemzetközi szerződésekből adódó kötelezettségek folyamatosan magukban hordozzák egy-egy agresszív támadás lehetőségét. A terrorizmus különböző megjelenési formái közül a robbantásos merényletek a legjelentősebbek. Ezeket az akciókat olyan házi készítésű robbanószerkezetekkel hajtják végre, melyek anyagait be lehet szerezni egy hétköznapi boltban is, felépítésük és formájuk tekintetében pedig csak a találékonyság szabhat határt. Amint egy páncélozott járművet nem sikerül megsemmisíteni a megfelelő robbanóanyaggal, úgy másnap háromszor annyit raknak a szerkezetbe. Ha sikerül az eszközt hatástalanítani, úgy más módszerekkel működtetik el. Ha a katonák tudják, mit kell keresni az út mellett, akkor másnap már az út alatt vagy éppen a fejük felől les rájuk a veszély. Fontos tehát, hogy összefogjunk a globális méretűvé vált terrorizmus ellen. Ez olyan harc vagy háború, mely különbözik minden korábbi fegyveres küzdelemtől, mert olyan ellenség ellen folyik, amely nem látható. Ez az ellenség általában nem rendelkezik sem saját országgal, sem saját kormánnyal. Nincs szervezett katonai ereje, nem visel egyenruhát, egyetlen kormánynak sem felel a tetteiért. Nem tart be egyetlen nemzetközi szerződést sem, s lehet, hogy épp mellénk ül egy buszon az a személy, mely ezt az eszmét képviseli.

¹² Forrás: www.attc.com.vn/en/type.php?iCat=103; Letöltés: 2012.06.17.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Dr. RESPERGER I. A terrorizmus és az asszimetrikus hadviselés jellemzői a jelen kori műveletekben, Honvédségi Szemle, 2009. május 63. évfolyam 3. szám, pp.:24-29
2. Dr. MUELLER O.– LUKÁCS L. Házilagos készítésű robbantó szerkezetek – jegyzet; Országos Rendőr Főkapitányság Országos Kiképző Központ, Budapest, 1994
3. DARUKA N. A házilag készített robbanószerkezetek avagy szinesdrótok és robbanóanyag, mint a terrorizmus leghatékonyabb fegyverzete, New Challenges in the Field of Military Sciences Budapest, 2010. szeptember 28-30., (ISBN 978-963-87706-6-0).
4. DARUKA N. Az „IED”, mint a terrorizmus leghatékonyabb eszköze, „Fúrás-robbantástechnika 2010”, 10. Nemzetközi Konferencia Balatonkenese 2010. szeptember 8-10., (HU ISSN 1788-5671) pp.:162-169.
5. BUKTA B. Improvizált Robbanó Szerkezetek, MH 1.HTHE IED jegyzet, oktatási segédanyag, 1.kiadás 2011.
6. KOVÁCS Z. Terrorista robbantások, ROBBANTÁSTECHNIKA 31: pp. 53-59.
7. BALOGH Zs. Építészeti tervezés robbantásos cselekmények ellen, Műszaki Katonai Közlöny 2008/ I-IV. összevont szám (ISSN 1219-4166, pp. 53-60)

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások „A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

„The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund.”

Dr. Kovács Zoltán¹ (PhD)

FONTOS LÉTESÍTMÉNYEK IED ELLENI VÉDELME²

ÖSSZEGZÉS: A terrorista robbantások elleni védekezés témakörének aktualitása napjainkban megkérdőjelezhetetlen, hiszen a robbantásos (terror) cselekmények szinte mindennapossá váltak, ha hazánkban nem is, azonban a médiában rendszeresen szerepelnek ilyen események. Az ellenük való hatékony védekezés, az arra történő felkészülés, vagy még inkább a lehetséges megelőzés pedig mindannyiunk érdeke. A kritikus infrastruktúra elemei – közte a polgári és a katonai létesítmények – különösen veszélyeztetettnek számítanak, így a szerző ezt a területet vizsgálva bemutatja a különböző, ezen létesítmények elleni támadásra alkalmazható improvizált robbanóeszközök elhelyezési és alkalmazási lehetőségeit, jellemzőit, az ilyen eszközök felderítését segítő technikai és taktikai megoldásokat.

This article deals with the matter of the protection from terrorist blasting, which has a high importance, since these kinds of activities occur almost on daily basis. However, they used not to happen in our country, but lots of these incidents appear in different media. Protection from these events, preparation and even more the possible prevention is everyone's interest.

The elements of the critical infrastructure – i.e. civilian and military buildings and objects – are among the specially endangered targets, so the author of this article tries to display the placement of different improvised explosive devices those may be used against these facilities and the technical, tactical solutions against them.

Kulcsszavak: IED, C-IED, robbantás, létesítmény, terrorizmus

BEVEZETÉS

A terrorizmus fogalmára ugyan nincs nemzetközileg egységesen elfogadott definíció, azonban véleményem szerint meghatározható, mint az erőszak alkalmazásának, vagy az azzal való fenyegetésnek olyan stratégiája, melynek elsődleges célja félelem, zavar keltése és ennek révén meghatározott politikai eredmények elérése, vagy a hatalom megtartása. A terrorizmus alapvető jellemzői közé sorolhatjuk az erőszak alkalmazását vagy azzal történő fenyegetést; a célirányos viselkedést; a pszichés hatás kiváltásának szándékát és a szimbolikus jelentőségű célpontok kiválasztását. A fentiek elérése érdekében a terrorizmus alapvető „fegyvereinek” tekinthetjük az emberölést, emberrablást és túszejtést, az improvizált robbanóeszközöket (IED)³ és az atom, biológiai, vegyi (ABV) fegyverek alkalmazásának lehetőségét.

Az improvizált robbanóeszközök olyan „házilagosan”, tehát nem üzemi körülmények között előállított szerkezetek, amelyek a pusztító hatásukat a robbanás hatóerejével, az egészségre ártalmas vegyi, biológiai anyagokkal, pirotechnikai eszközökkel, vagy gyújtóhatású anyagokkal érik el. Az IED szerkezete általában kezdetleges kialakítású, de csak a készítőjének kreativitása és a rendelkezésre álló anyagok mennyisége és minősége határoolja be a bonyolultságát és fejlettségét. A robbanószerkezet mérete a gyufásdoboznyitól akár a teherautó nagyságúig is terjedhet, függően a rombolni kívánt célponttól és az elérendő hatástól. Az IED alapvető részei a robbanóanyag töltet, az iniciálást biztosító detonátor és az „indítást” kiváltó működtető

¹ Egyetemi docens, Nemzeti Közsolgálati Egyetem, kovacs.zoltan@uni-nke.hu

A Magyar Robbantástechnikai Egyesület (MARE) alelnöke.

A cikket lektorálta: Prof. dr. Szabó Sándor egyetemi tanár, Nemzeti Közsolgálati Egyetem

² Robbantástechnika (HU-ISSN 1788-5671) konferencia kiadványban megjelent cikk másodközlése, pp. 80-89.

³ Az angol Improvised Explosive Device kifejezésből rövidítve: IED







mechanizmus. Az előbbieken túl esetlegesen részei lehetnek az áramforrás, az időzítő mechanizmus vagy a hatásfokozó repeszek.

Az IED fő robbanótöltetként használhatnak katonai robbanóanyagokat (pl. TNT, C4, Semtex, stb.); polgári rendeltetésű robbanóanyagokat (pl. Emulgit, ANDO, Dinamit, stb.), vagy házilag előállított robbanószerkezet (elegy, keverék), de felhasználják a fel nem robbant katonai harcanyagokból (akna, rakéta, tüzérségi lövedék, stb.) kinyert robbanóanyagot is. A töltet(ek) iniciálására különböző gyutacsok (villamos, robbantó, NONEL), detonátorok, vagy harcanyagokból kinyert gyújtók alkalmazása a leggyakoribb, azonban néha házilagosan készített eszközöket is alkalmaznak erre a célra.

Az IED indítása is többféle mechanizmussal történhet. A leggyakoribbak a különböző mechanikus szerkezetek, amelyek húzásra, teherelvételre, nyomásra, elmozdításra reagálnak, tehát a célpont közvetlen behatására működtetik a robbanószerkezetet; az időzítő szerkezetek (óráművek, elektronikus, kémiai időzítők), amelyek a meghatározott idő elteltével önállóan, a célpont behatásától függetlenül működtetik a robbanóeszközt; valamint az irányított szerkezetek, amelyek elektromos vezetéken keresztül vagy vezeték nélküli rádióvezérléssel, a merénylő által kiadott jelre reagálnak.

IED ALKALMAZÁSA FONTOS LÉTESÍTMÉNYEK ELLEN

Az IED lehet mobil telepítésű, illetve helyhez kötött. Előbbi esetben a robbanóeszközt juttatják el a célponthoz, vagy a célpont közelébe, míg az utóbbi esetben azt többnyire megfigyelt szerkezetként a merénylő által indítva, a mozgó célpont ideális közelsége esetén következik be a detonáció. A két változat közül a létesítmények – mint statikus célpontok – elleni robbantások során az első típusút alkalmazzák, amelyet többnyire valamilyen gépjárműbe rejtenek⁴ és igyekeznek vele a lehető legideálisabb közelségbe kerülni vagy bejuttatni azt a célként kiválasztott objektumba.

ATF	VEHICLE DESCRIPTION	MAXIMUM EXPLOSIVES CAPACITY	LETHAL AIR BLAST RANGE	MINIMUM EVACUATION DISTANCE	FALLING GLASS HAZARD
	COMPACT SEDAN	500 Pounds 227 Kilos (In Trunk)	100 Feet 30 Meters	1,500 Feet 457 Meters	1,250 Feet 381 Meters
	FULL SIZE SEDAN	1,000 Pounds 455 Kilos (In Trunk)	125 Feet 38 Meters	1,750 Feet 534 Meters	1,750 Feet 534 Meters
	PASSENGER VAN OR CARGO VAN	4,000 Pounds 1,818 Kilos	200 Feet 61 Meters	2,750 Feet 838 Meters	2,750 Feet 838 Meters
	SMALL BOX VAN (14 FT BOX)	10,000 Pounds 4,545 Kilos	300 Feet 91 Meters	3,750 Feet 1,143 Meters	3,750 Feet 1,143 Meters
	BOX VAN OR WATER/FUEL TRUCK	30,000 Pounds 13,636 Kilos	450 Feet 137 Meters	6,500 Feet 1,982 Meters	6,500 Feet 1,982 Meters
	SEMI-TRAILER	60,000 Pounds 27,273 Kilos	600 Feet 183 Meters	7,000 Feet 2,134 Meters	7,000 Feet 2,134 Meters

1. ábra. Járműben elhelyezett IED jellemzői⁵

⁴ A járműben elhelyezett IED, angolul Vehicle Born IED (VBIED), az öngyilkos merénylő által működtetett járműben elhelyezett IED, angolul Suicide Vehicle Born IED (SVBIED).

⁵ Forrás: Vehicle Born Improvised Explosive Device – VBIED, ATF CAR BOMB TABLE

http://www.nationalhomelandsecurityknowledgebase.com/Research/International_Articles/VBIED_Terrorist_Weapon_of_Choice.html, 2012.06.11.

Attól függően, hogy milyen jellegű a létesítmény szerkezete, mennyire közelíthető meg és mekkora károkat terveznek okozni, különböző nagyságú járműveket használhatnak. Mint a fenti táblázatban is látható, a hordozó jármű nagysága behatárolja a robbanóanyag tömegét, ezzel egyetemben a veszteségokozás rádiuszát.⁶



2. ábra. Motorkerékpárba rejtett IED⁷

Az improvizált robbanóeszközök célpontjaként általában olyan létesítményeket szemelnek ki, amelyek szimbolikus jelentőségűek, vagy valamilyen szempontból kulcsfontosságúak, illetve nagy tömeg, sok ember tartózkodik benne vagy a közelében. Ilyen létesítmények lehetnek:

- kormányzati, vagy középületek (állami létesítmények, bankok, stb.);
- rendezvények helyszínei (sportcsarnokok, kiállítások helyszínei);
- közművek elemei (elektromos hálózat, víz-, gáz-közműhálózat);
- közlekedési csomópontok, létesítmények (alagút, híd, kikötő, vasúthálózat és repülőterek).

A robbantásos cselekmények fő célja a félelem- és zavarkeltés, a kiemelt jelentőségű objektumok, épületek ellen elkövetett robbantásos események pedig mindig nagy nyilvánosságot kapnak, a média kitüntetett figyelmet szentel a történeteknek. Különösen igaz ez a vízválasztóként számon tartott 2001. szeptember 11-i merénylet óta, mely új korszakot nyitott a terrorizmus történetében: jelentős anyagi károk keletkeztek; az emberáldozatok száma kiemelkedően magas volt; az eseményekről a világ valamennyi médiája tudósított; az események keltette pszichológiai hatás pedig azóta is szinte tapintható.⁸

A létesítmények, épületek védelmének és biztonságának kérdése gyökeres felülvizsgálatra szorult a szeptemberi eseményeket követően. Két nagy területen kellett minél gyorsabban és hatékonyabban felvenni a harcot az improvizált robbanóeszközökkel: az egyik a robbanóeszköz-

⁶ A táblázat nem közöl adatokat a motorkerékpárban elrejthető robbanóanyag tömegére vonatkozóan, azonban az ábrán is látható, hogy azzal is tekintélyes mennyiségű robbanóanyag eljuttatható a célponthoz.

⁷ Forrás: Vehicle bomb mitigation guide <http://info.publicintelligence.net/USAFvehiclebombs.pdf>, (2012.06.11.)

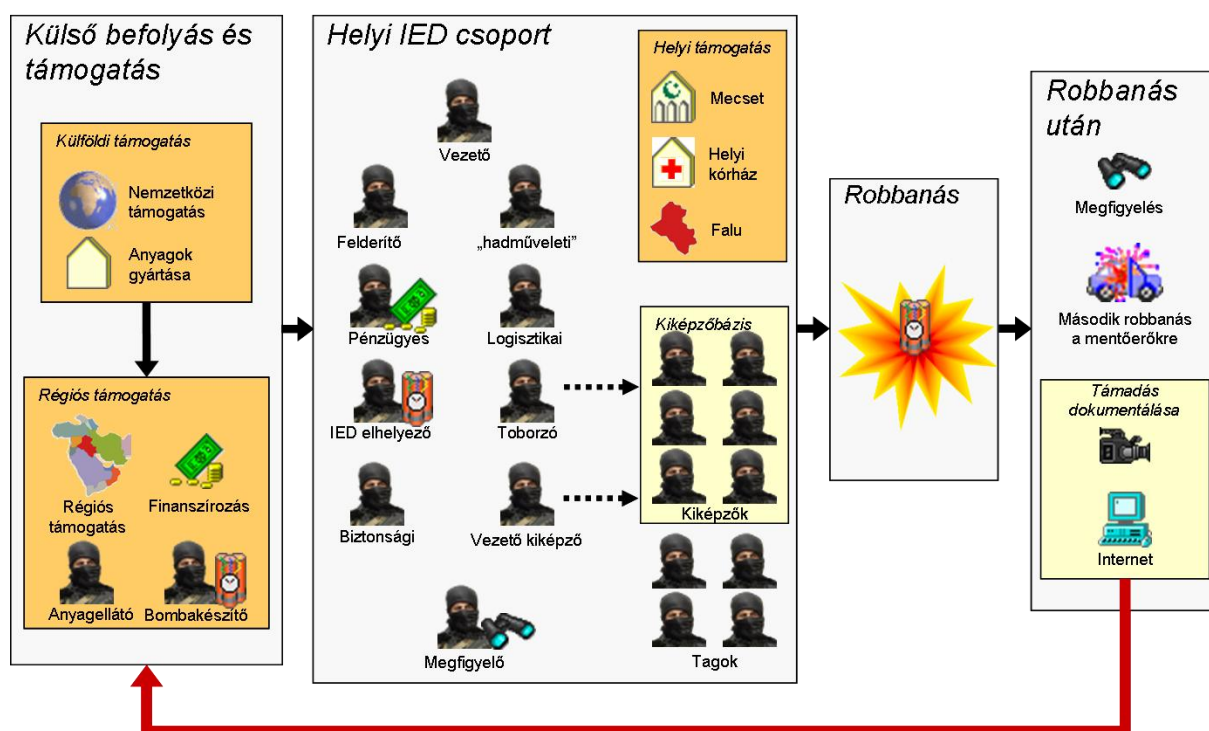
⁸ A történetek egyik sajátosságaként említhetjük, hogy a kormányzati és kereskedelmi épületek elleni improvizált robbanóeszközök szerepét nem az „egyszerű házilagos készítésű” bombák töltötték be, hanem a polgári utasokat szállító repülőgépeket alkalmazták fegyverként.

közök objektum területére történő bejuttatásának megakadályozása, a másik pedig – ha az előbbi mégsem jár sikerrel – a személyi veszteségek és a keletkező anyagi károk mérséklése.

IED ELLENI VÉDELEM

Az improvizált robbanóeszközök elleni védelem (C-IED)⁹ komplex tevékenységet foglal magába, amelynek három fő eleme a terrorhálózat megbontása; a robbanószerkezet semlegesítése; valamint a védelemben résztvevők felkészítése a feladataikra.¹⁰

A terrorista célú robbantások nem egyéni akciók, a merényleteket (egy) szisztematikusan felépített szervezeti egység, terrorista sejt hajtja végre.¹¹ A sejt minden tagjának saját feladata és rendeltetése van, rendelkezik a szükséges kapcsolatokkal, egyfajta hierarchikus rendszert alkotnak. A sejt tevékenységét külső támogatók segítik, akik finanszírozzák, információkkal és anyagokkal látják el a szervezetet.



3. ábra. Terrorista sejt felépítése, kapcsolatrendszere¹²

A terrorhálózat megbontása során arra kell törekedni, hogy ezt a többnyire jól működő rendszert „működésképtelenné” tegyük, vagy legalábbis a lehető legnagyobb mértékben megnehezítsük a tevékenységüket.

A C-IED ezen ágán belül a hálózat „gyenge láncszemeit” kell támadni: pl. akadályozni a pénzügyi finanszírozást a potenciális támogatók bankszámláinak kontrolljával; megnehezíteni

⁹ Az angol Counter-Improvised Explosive Device kifejezésből rövidítve: C-IED

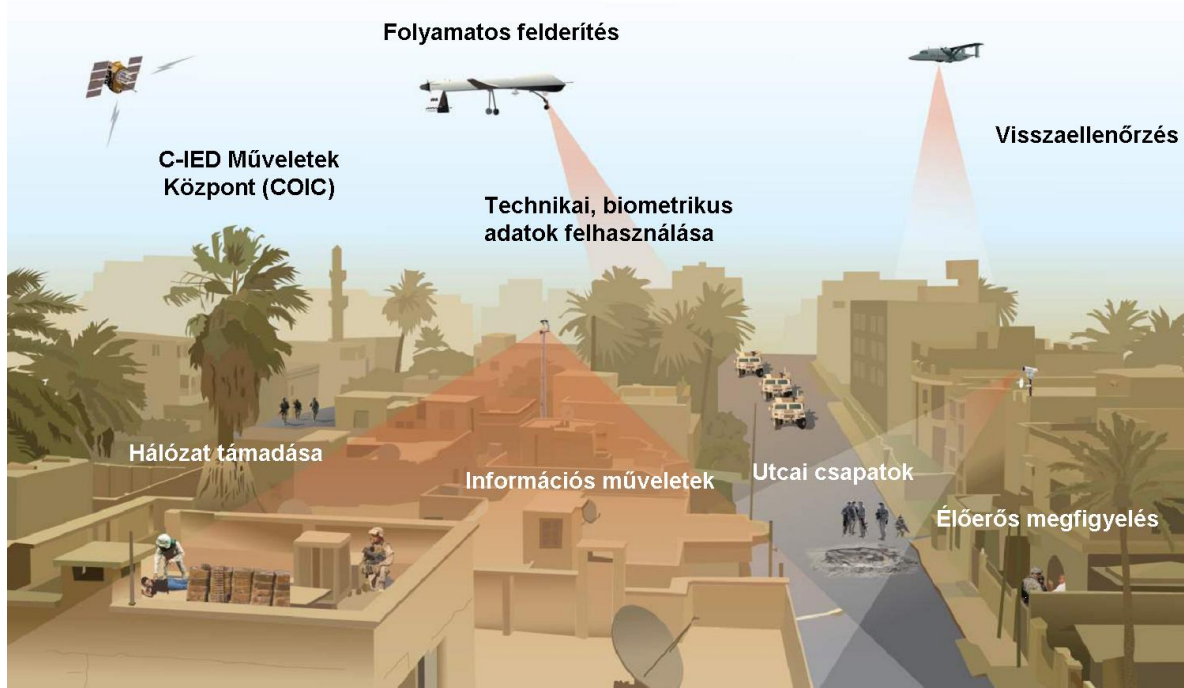
¹⁰ Részletesen lásd: Allied Joint Doctrine For Countering – Improvised Explosive Devices (AJP-3.15 A), amely 2011. márciusában lépett hatályba NATO Szabványosítási Egyezményként (STANAG 2295).

¹¹ Bővebben lásd: LUKÁCS László: Kiből lehet robbantó? A bombamerényletek humán oldala. Fúrás-robbantástechnika-2010 nemzetközi konferencia anyaga, pp. 177-185.

¹² Forrás: <http://www.jerusalemreports.com/?m=201201> alapján fordította, szerkesztette a szerző.

az IED elkészítéséhez szükséges robbanóanyag vagy más alkatrészek beszerzését, szállítását, illetve akár a terrorista sejt újoncainak toborzását és „kiképzését” is.

Nagyon fontos szerep hárul a (akár nemzetközi színterű) hírszerzésre, felderítésre, hiszen a megszerzett információk alapján leszünk képesek a terroristák szándékának, képességeinek elemzésére, a kapcsolataik behatárolására, vagy akár a megépíteni tervezett IED szerkezetének valószínűsítésére. Ezek a feltételezések egyben azt is lehetővé tehetik, hogy a konkrét támadást – a célpontot, vagy az időpontját – előre jelezzük, és felkészüljünk a megfelelő védekezésre. Az információszerzésnek, a hálózat megbontásának módszerei és eszközei igen változatosak és sokrétűek, melyeket központilag kell koordinálni és szervezni.



4. ábra. Terrorhálózat megbontásának egyes lehetőségei¹³

A robbanószerkezet semlegesítése foglalja magába mindazokat a feltételezett vagy tényleges IED-re vonatkozó rendszabályokat és választevékenységeket, amelyek elsődleges célja az élet és anyagi javak közvetlen védelme, valamint az esetlegesen keletkező károk csökkentése.

Az IED létesítménybe történő bejuttatásának akadályozását már az objektum területének megközelítésekor meg kell kezdeni. Az objektumtól minél távolabb (természetesen az ésszerűség határain belül) célszerű például kialakítani a gépjárművek számára fenntartott parkolóhelyet, ezzel csökkentve annak a lehetőségét, hogy mozgó járműben elrejtett öngyilkos IED-t használjanak, illetve a parkolóban álló járműben elrejtett robbanóeszközt indítsák a megfelelő pillanatban. Lehetőleg a földfelszín alatti parkolók kialakítását teljesen mellőzni kell, ha azonban ez elkerülhetetlen, akkor csak fokozott biztonsági intézkedésekkel és eszközökkel lehet (pl. kamerák, járművek átvizsgálása) csökkenteni a kockázatot.

A létesítmény védelmi rendszerét célszerű védelmi zónákra tagolni, és az egyes zónákban a megfelelő rendszabályokat és technikai eszközöket használva a kockázatosnak ítélt járműveket, személyeket kiszűrni.

¹³ Forrás: Sz.n.: ÖMLT C-IED course PPT bemutatója 2007.11.28. A szerző birtokában

Az objektum közelében és a megközelítésre szolgáló területen már a külső védelmi zónában – ez lehet például a járműforgalom részére és a parkolás céljából fenntartott terület – is aktív felderítést és kockázatelemzést kell végezni, melyet a belső zónában – ez kizárólag gyalogos mozgást biztosító terület – is folytatni kell. Ezt a feladatot különböző optikai és elektrotechnikai eszközökkel (videokamera, infravörös érzékelő, szenzor) a legegyszerűbb végrehajtani, melyektől az információk a megfigyelőközpontba jutnak, ahol elemzik és értékelik azokat, próbálják kiszűrni a gyanús személyeket, járműveket és tevékenységet.



5. ábra. Létesítmény lehetséges védelmi zónái¹⁴

Az elektronikus felderítési rendszert ki lehet egészíteni járőrözéssel, közvetlen megfigyeléssel, illetve az objektum jelentőségétől függően, a járművek tényleges fizikai átvizsgálásával már a külső védelmi zónába történő behajtáskor.

Az átvizsgáláshoz megfelelően kialakított ún. ellenőrző-áteresztő pontot (EÁP) kell működtetni, ahol a személyzet a meghatározott eljárási rend szerint átvizsgálhatja a járművet és a benne tartózkodókat. Az ellenőrző pont megközelítésének szabályozására alkalmazni kell a megfelelő forgalomlassító berendezéseket, amelyekkel kontrollálható a járművek sebessége, mozgása. Ilyen berendezések lehetnek a közlekedési folyosóban elhelyezett „fekvőrendőrök“, a különböző típusú drótzárak, tüskés útzárak, a pályaszerkezetből kiemelkedő oszlopok, a sorompók, illetve elsősorban a katonai létesítmények esetében a HESCO bástyák.¹⁵

A tüskés útzárak hordozható és az útpálya szerkezetéből hidraulikus vagy elektromos vezérléssel kiemelkedő változatban is alkalmazhatóak. Hátrányuk, hogy a korszerű kialakítású, defektbiztos gumiabroncsokban nem minden esetben okoz olyan mértékű károsodást, hogy az IED-t szállító jármű ne tudjon továbbhaladni, és a közeli létesítményig eljuttatni terhét. A beépített útzárak hatékonysága sokkal nagyobb, a gyakorlati tesztek alapján képesek akár a nagy sebességgel közeledő tehergépjárművek megállítására is.

¹⁴ Forrás: <http://www.dtic.mil/ndia/2010GlobalExplosive/Doherty.pdf> (2012. 02. 29.)

¹⁵ Bővebben lásd: SZABÓ Sándor: A drótakadályok újszerű alkalmazása. New Challenges in the Field of Military Sciences 2007 nemzetközi konferencia CD kiadványa; SZABÓ Sándor, TÓTH Rudolf: Gondolatok a HESCO bástyák alkalmazási lehetőségeiről I. Műszaki Katonai Közlöny XIX.:(1-4.) pp. 253-278. (2010) és Gondolatok a HESCO bástyák alkalmazási lehetőségeiről II. Műszaki Katonai Közlöny XX.:(1-4) pp. 97-118. (2011)

Az útpálya szerkezetébe beépített kiemelkedő oszlopok is hatékonyak lehetnek, azonban az egymástól való távolságuk miatt kizárólag teher- és személygépkocsik ellen alkalmazhatóak, és pl. motorkerékpárra szerelt IED esetén nem biztosítanak kellő védelmet. Főbb alkalmazási területük nem is az ellenőrző pontok területén javasolt, hanem egyfajta szűrőként, kiegészítő eszközként a létesítmény egyéb megközelítési irányában. A különböző sorompók képezik a leggyakrabban alkalmazott védelmi eszközöket, melyek korszerű, megerősített szerkezetű változatai a beépített útzárhoz hasonlóan akár a tehergépjárműveket is képesek megállítani.

A fentebb említett eszközök a gépjárművek mozgásának kontrollálására szolgálnak, azonban nem szabad elfelejtkezni a személyek ellenőrzésének, valamint a robbanószerkezet észlelésének, felfedésének fontosságáról sem!

A létesítmények ellen a VBIED és SVBIED alkalmazása a legvalószínűbb, hiszen gyalogosan csak korlátozott nagyságú és hatékonyságú IED juttatható be az objektumba „észrevétlenül“, azonban a kockázat minimálisra csökkentése érdekében célszerű az egyes (gyanús) személyek szűrése, ellenőrzése. A belső védelmi zónában, az objektum közvetlen bejáratnál már kizárólag gyalogos mozgást szabad biztosítani, ahol biztonsági őrség, robbanóanyag-kereső kutyák, illetve különböző technikai eszközök segítségével történhet a személyek átvizsgálása, a robbanóeszközök és alkatrészeik kiszűrése.

A technikai eszközök fajtái igen sokrétűek, más-más detektálási lehetőséget biztosítanak. A „legegyszerűbbek” a fémdetektorok, amelyek a kézításkában és a személyek testéhez rögzített különböző – esetlegesen az IED részegységét képező – ferromágneses fémek jelenlétét jelzik, hatástalanok azonban a robbanóanyagok kimutatásában. A robbanóanyagok és más, tiltott eszközök vizuális észlelésére alkalmazhatók a különböző röntgenberendezések, melyekkel a csomagokat és a személyeket is át lehet vizsgálni. E berendezések lehetnek stacioner elhelyezésűek vagy mobilak. A személyek ellenőrzésére szolgálnak a milliméteres hullámhosszúságon működő szkennerek¹⁶, amelyek a ruházaton „átlátva”, a fizikai motozást szükségtelenné téve képesek felfedni a ruha alatt elrejtett tárgyakat.

A vizuális felderítés nem minden esetben teszi azonban lehetővé a robbanóanyagok észlelését, ezért a létesítmények hatékony védelme érdekében célszerű alkalmazni a robbanóanyagból kipárolgó elemi részecskék kimutatására alkalmas eszközöket, berendezéseket. A gázkromatográfiás berendezések a levegőből vett „szagmintával” képesek a csomagok és személyek átvizsgálására. Az eszközök pár másodperc idő alatt megállapítják, hogy a vizsgált csomag érintkezett-e valamilyen robbanóanyaggal. A robbanóanyagok kipárolgásának észlelésére alkalmazhatók még a robbanóanyag-kereső kutyák is, azonban a technikai eszközökkel ellentétben, melyek több tucat anyag szagmintájának érzékelésére beállíthatók, a kutyák csak a nekik megtanított pár szagmintákat jelzik, valamint befolyásolhatja a teljesítményüket az igénybevételük intenzitása, időtartama, stb.

A már említett eszközök és módszerek az IED és annak részei felderítését, az objektum területére történő bejuttatásuk megakadályozását biztosítják. Az IED elleni védelem másik fontos területe a keletkező károk és a személyi veszteségek minimalizálását célozza meg, arra az esetre, ha mégsem sikerült kiszűrni és megakadályozni a robbanóeszköz bejuttatását.

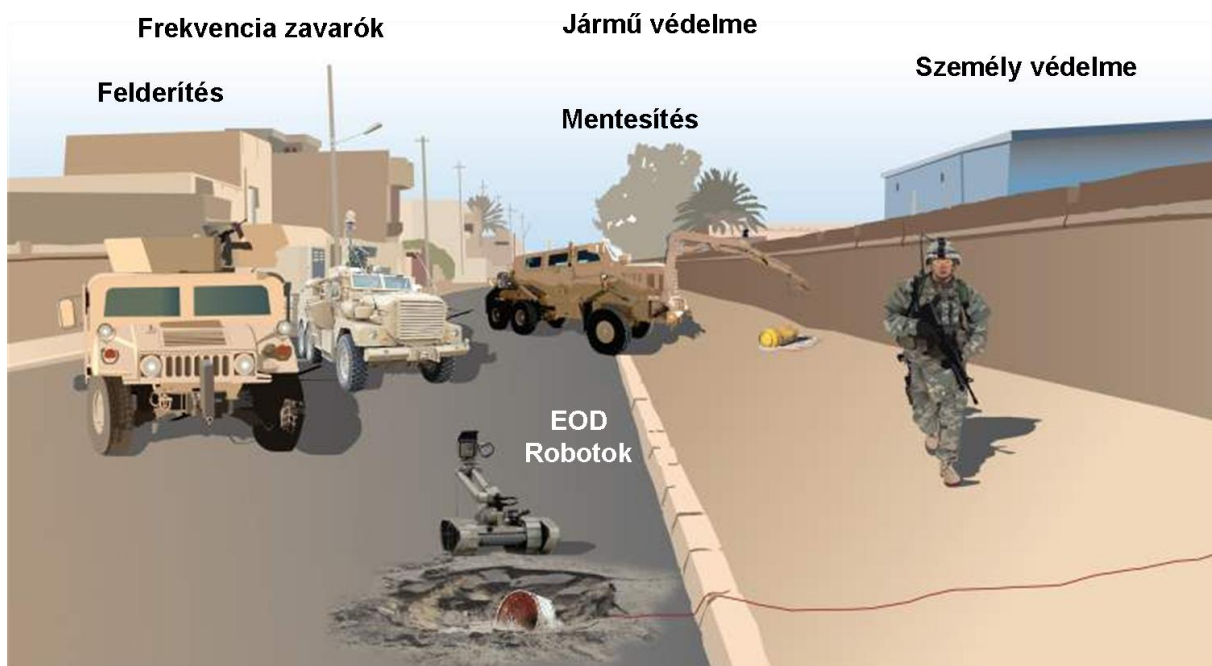
A technikai megoldások egyike, hogy az újonnan épített létesítmények, épületek szerkezetét, falazatát úgy kell kialakítani, hogy a robbanás hatásainak minél nagyobb mértékben ellenálljon. E célra alkalmazhatók a falszerkezetben elhelyezett hossz- és keresztirányú merevítők, amely a beépítést követően a külső szemlélőnek láthatatlan marad. Szintén a falszerkezet védelmét és megerősítését szolgálja a speciális védőburkolat, amely a robbanás bekövetkezése

¹⁶ Bővebben lásd: LUKÁCS László: A polgári repülés robbantásos fenyegetettsége. Repüléstudományi Közlemények Különszám 2011: Véget ért a MIG-korszak. pp. 1-9.(ISBN:HU ISSN 1789-770X)

esetén csökkenti a falat érő túlnyomást és részben elnyeli a keletkező lökéshullámokat. A fal-szerkezet mellett különösen fontos a tartó (váz-) szerkezet megerősítése. Az általánosan használt vasbeton tartóoszlopok ellenálló képessége növelhető például a szénszálalás műanyagok használatával, amely a merev szerkezetet a fellépő erőhatásokkal szemben sokkal rugalmasabbá teszi.¹⁷

A korszerű épületek túlnyomó többsége kiterjedt üvegfelülettel rendelkezik, e felületek megfelelő védelme is fontos, hiszen a keletkező szilánkok, repeszek súlyos sérüléseket képesek okozni. Az üvegfelületek megerősítése is többféle módszerrel történhet. Az egyik leghatékonyabb a többrétegű üvegfelület alkalmazása, amelynek PVB-gyanta alapanyaga az eredeti tulajdonságok megtartása mellett erősebbé, hajlékonyabbá teszi a nyílászárót amellet, hogy javítja a hőszigetelést és a káros sugárzás kiszűrését. Hasznos megoldás lehet az üvegfelület fóliázása is, mely során a belső és a külső felületre poliészter alapú fóliaréteget rögzítenek, amely az ablaküveg törésekor összefogja azt, és nem engedi az üvegszilánkokat, repeszeket szétszóródni. Az üvegfelület erősítésére alkalmazható az üveglapok drótrácsozása, amely szintén megakadályozza az üveg berobbanását, szilánkok keletkezését.

Természetesen figyelmet kell fordítani azokra a technikai megoldásokra is, amelyek az IED semlegesítése során az emberi élet közvetlen védelmét biztosítják: pl. védőmellények, védőruházat, páncélvédettséggel rendelkező járművek, különböző zavaróberendezések, stb.



6. ábra. IED semlegesítés lehetőségei¹⁸

A védelemben résztvevő állomány felkészítése a komplex improvizált robbanóeszközök elleni védelem (C-IED) harmadik jelentős eleme. A felkészítésnek számos területe van, többek között a műveleti környezet (helyzet) alapos ismerete, az IED-re utaló jelek felismerésének, a robbanószervezet azonosításának képessége, a lehetséges ellenrendszabályok rendszere, jelentések és riasztások rendje, és még sorolható tovább.

¹⁷ Bővebben lásd: BALOGH Zsuzsanna: Repülőtéri épületek védelme terrorista robbantások ellen., http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2009_cikkek/Balogh_Zsuzsanna.pdf (2012. 02. 29.)

¹⁸ Forrás: Sz.n.: ÖMLT C-IED course PPT bemutatója 2007.11.28. A szerző birtokában

Hangsúlyozni kívánom, hogy a hatékony végrehajtáshoz a kiképzettség mellett megfelelő szervezeti felépítés, együttműködési képesség, valamint a feladathoz illeszkedő szintű technikai eszközellátottság is szükséges, mely utóbbi jelentős anyagi ráfordítást követelhet!

A felkészítés és kiképzés során, mely többnyire tanfolyamok keretében történik, fel kell használni a korábbi események során keletkezett tapasztalatokat, azokat be kell építeni a „tananyagba“, az elméleti és a gyakorlati részbe egyaránt. A felkészítés legyen kellően részletes, alapos, melyhez igen nagy segítséget nyújthatnak a tapasztalatokat és ismereteket összefoglaló különböző adatbázisok.

ISAF C-IED Database Search Engine

Version: 3.8 NATO SECRET REL ISAF

Database Filter

QUERY RESULTS

IED TYPES		IED Type		Detonated		Discovered	
Components	4	Command Wire IED					
HOAX	1	Components				4	
Mine Strike	3	HOAX				1	
RCIED	12	Mine Strike		3			
SIED	5	RCIED		3			
SVBIED	5	SIED		2		3	
TIMED IED	2	SVBIED		5			
UNKNOWN	3	TIMED IED				2	
VBIED	1	UNKNOWN				1	
		VBIED					1
		VOIDED					
TOTAL	36						

CASUALTIES		KIA		WIA	
ISAF	0	20			
ANA	2	6			
ANP	25	49			
LN	14	35			
NGO	6	5			
GOA	0	0			
NDS	0	0			
TOTAL	47	115			
Enemy	7	0			
Enemy Detained	5				

IED EVENTS		Detonated		Discovered	
Detonated	15				
Discovered	17				
Turned In - LN	4				
TOTAL	36				

Region		Detonated		Discovered	
Capital	15		21		
East	0		0		
North	0		0		
South	0		0		
West	0		0		
TOTAL	15		21		

ID:	Event Date:	Type of Event:	Weapons Involved:	Region:	Province:	District:	SIGACT Tracking #:	ISAF #:
4694	01-Aug-07	Discovered	VBIED	Capital	Kabul	Kabul	2007-214-061701-0973	08-0018
4682	31-Jul-07	Detonated	SVBIED	Capital	Kabul	Bagrami		07-0800
4633	23-Jul-07	Detonated	Mine Strike	Capital	Kabul	Sarowbi	2007-204-142431-0643	07-0556
4627	22-Jul-07	Detonated	RCIED	Capital	Kabul	Musahi	2007-203-115647-0134	07-0525
5439	22-Jul-07	Discovered	RCIED	Capital	Unknown	Unknown	2007-205-063851-0904	
4602	19-Jul-07	Detonated	Mine Strike	Capital	Kabul	Paghman	2007-199-194813-0330	07-0438
4597	18-Jul-07	Detonated	SIED	Capital	Kabul	Kabul	2007-199-051726-0304	07-0421
4666	18-Jul-07	Detonated	UNKNOWN	Capital	Kabul	Kabul		e-mail
4516	06-Jul-07	Detonated	SVBIED	Capital	Kabul	Bagrami	2007-187-085236-0904	07-0111
5367	01-Jul-07	Discovered	Components	Capital	Kabul	Kabul	2007-198-035814-0007	
4456	28-Jun-07	Detonated	SVBIED	Capital	Kabul	Bagrami	2007-179-050423-0342	06-0728
4408	21-Jun-07	Discovered	TIMED IED	Capital	Kabul	Bagrami	2007-178-211748-0459	06-0565

FILTER SETTINGS

Start Date: 01-May-07 End Date: 08-Aug-07

REGION

Capital
 East
 North
 South
 West

EVENT

Detonated
 Discovered
 Pre-Detonated
 Turned In - LN

IED TYPE

Command Wire IED
 Components
 HOAX
 Mine Strike
 RCIED
 SIED
 SVBIED
 TIMED IED
 UNKNOWN
 VBIED
 VOIDED

Keyword Search

Execute Query

6. ábra. Egyik IED adatbázis¹⁹

Általában tartalmazzák az IED és C-IED ismereteket, leírásokat, speciális esettanulmányokat, a szükséges szöveges és grafikus (ábrák, képek, videók) elemeket, elektronikus formában minden jogosult és illetékes személy által hozzáférhető módon.

Írásomban csak röviden villantottam fel az improvizált robbanóeszközök elleni védelem egyes eszközeit és módszereit, melyeket a kiemelt fontosságú létesítmények és épületek biztonsága, védelme érdekében alkalmazhatnak napjainkban. Összegezve a fentieket, megállapíthatjuk, hogy mind a polgári, mind a katonai rendeltetésű fontos objektumok, épületek veszélyeztetettsége jelentőségüknél fogva magasnak mondható, kiváló célpontot nyújtanak a robbantásos cselekmények elkövetőinek. Éppen ezért a védelmük, megerősítésük az improvizált robbanóeszközökkel szemben kiemelt feladatot jelent valamennyi szakember számára.

¹⁹ Forrás: Sz.n.: ÖMLT C-IED course PPT bemutatója 2007.11.28. A szerző birtokában

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Internet: Vehicle Born Improvised Explosive Device – VBIED, ATF CAR BOMB TABLE http://www.nationalhomelandsecurityknowledgebase.com/Research/International_Articles/VBIED_Terrorist_Weapon_of_Choice.html (2012.06.11.)
2. Internet: Vehicle bomb mitigation guide <http://info.publicintelligence.net/USAFvehiclebombs.pdf>, (2012.06.11.)
3. Allied Joint Doctrine For Countering – Improvised Explosive Devices (AJP-3.15 A), 2011. március.
4. Lukács László: Kiből lehet robbantó? A bombamerényletek humán oldala. Fúrás-robbantástechnika-2010 nemzetközi konferencia anyaga, pp. 177-185.
5. Internet: <http://www.jerusalemreports.com/?m=201201> (2012.06.01.)
6. Sz.n.: ÖMLT C-IED course PPT bemutatója 2007.11.28.
7. Internet: <http://www.dtic.mil/ndia/2010GlobalExplosive/Doherty.pdf> (2012. 02. 29.)
8. Szabó Sándor: A drótakadályok újszerű alkalmazása. New Challenges in the Field of Military Sciences 2007 nemzetközi konferencia CD kiadványa
9. Szabó Sándor, Tóth Rudolf: Gondolatok a HESCO bástyák alkalmazási lehetőségeiről I. Műszaki Katonai Közlöny XIX.:(1-4.) pp. 253-278. (2010)
10. Szabó Sándor, Tóth Rudolf: Gondolatok a HESCO bástyák alkalmazási lehetőségeiről II. Műszaki Katonai Közlöny XX.:(1-4) pp. 97-118. (2011)
11. Lukács László: A polgári repülés robbantásos fenyegetettsége. Repüléstudományi Közlemények Különszám 2011: Véget ért a MIG-korszak. pp. 1-9.(ISBN:HU ISSN 1789-770X)
12. Balogh Zsuzsanna: Repülőtéri épületek védelme terrorista robbantások ellen., http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2009_cikkek/Balogh_Zsuzsanna.pdf (2012. 02. 29.)

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások
„A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával
valósul meg.”

„The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing
of the European Social Fund.”

ROMÁN Zsolt¹ - NAGY Róbert²

ÁRAMLÁSTANI MEGKÖZELÍTÉS ALKALMAZÁSA A ROBBANTÁSOK ELLENI VÉDEKEZÉSBEN³

ÖSSZEGZÉS: A robbantások elleni védekezés az utóbbi években mind inkább jelentősebb témává válik a biztonságtechnikában, de ezzel egyidőben rohamosan fejlődik a mérnöki tudomány is, amely a modern számítástechnikai kapacitással komoly áttörést ért el. A robbanási paraméterek kísérleti eredményekre támaszkodó módszere mellett alkalmazhatjuk a numerikus áramlástan lökéshullámok terjedésének leírására optimalizált megoldó algoritmusait is. Bemutatjuk ennek az igen nagy számítási kapacitást igénylő módszernek az előnyeit: az összetett geometria esetén való megoldhatóságot, a szerkezeti modellekkel való kapcsolási lehetőséget. Példákon mutatjuk be egy robbanás komplex városi környezetben kifejtett hatását, védőfalak szerepét az építmények védelmében, nem szokványos geometriájú épület robbanásterhét.

Kulcsszavak: Áramlástan; Lökéshullám; CFD; Védekezés; Robbanás

AZ EMPIRIKUS MEGKÖZELÍTÉS

Arányosítási törvény

A XX. század elején a robbanások terjedésével, és a kísérletek korlátozott lehetőségei miatt megjelent az igény a különböző méretű robbanások közötti átjárás megteremtésére, hogy ezáltal következtetni lehessen olyan robbanások paramétereire is, amelyekre konkrétan nem végeztek kísérletet.

A kérdés a következő volt: hogyan lehetséges arányosítási szabályt felállítani a különböző robbantási szituációk között? Ha R_1 távolságban felrobbantott D_1 töltet jellemzői és az R_2 távolságban robbantott D_2 töltet jellemzői ismeretesek, hogyan következtethetünk az R_3 , D_3 paraméterű robbanási jellemzőkre? A megoldás a robbanási paramétereket befolyásoló két változónak (a robbanóanyag mennyiség és a mérési ponttól való távolság) az egymástól függő viszonyában rejlik. Olyan távolság-tömeg arányt kell felállítani, aminél valamely paraméter kvázi konstansnak vehető. Hopkinson 1915-ben tett hipotézise szerint a P túlnyomási csúcsérték állandó értékűsége a

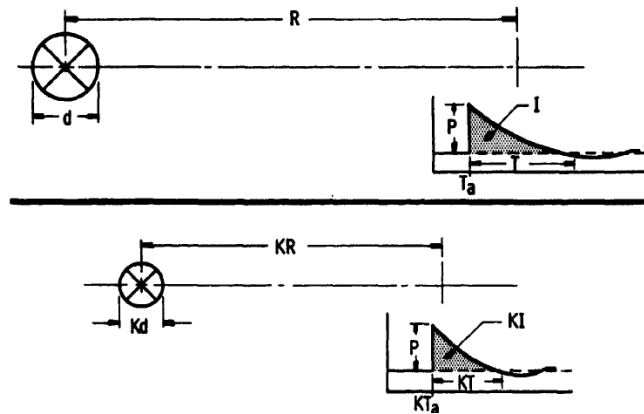
$$Z = \frac{R}{W^{1/3}} \quad (1)$$

arányosított távolság alkalmazásával teljesül. Az 1. ábrán látható hipotézise, miszerint a töltet átmérőjét és a távolságot konstans-szorosra növelve azonos túlnyomást tapasztalhatunk, ám az egyéb paraméterek is konstans-szorosra nőnek. Ebből következően a túlnyomás a távolság és a tömeg köbgyöke arányszámának válik függő változójává, a többi paraméterhez az arányosítás során úgy juthatunk, ha az arányosítástól „megtisztítjuk”, tehát a tömeg köbgyökével meg kell szorozni. Elméletének fontos következménye, hogy a kétváltozós robbanási paramétereket immár egy egyváltozós függvényként lehet meghatározni.

¹ Okleveles építőmérnök, NKE Katonai Műszaki Doktori Iskola doktorandusz, zsolt.roman@ymail.com

² Okleveles építőmérnök, NKE Katonai Műszaki Doktori Iskola doktorandusz nagy.robi.86@gmail.com

³ Robbantástechnika (HU-ISSN 1788-5671) konferencia kiadványban megjelent cikk másodközlése, pp. 68-79.



1. ábra - Hopkinson arányosítási hipotézise [1]

Kísérleti eredmények

A Hopkinson arányosítást követve különböző arányosított távolságú töltetekkel végeztek robbantásokat, és a mért paramétereket ábrázolták, majd a pontokra görbét illesztettek. Ezért is van, hogy ha a túlnyomási csúcserték meghatározására alkalmas képletet keresünk, jó eséllyel valamilyen polinomiális interpolált függvényt találunk.

Ilyen például amerikai oldalról a Mills [2] által nyújtott képlet:

$$P_{so} = \frac{1772}{Z^3} + \frac{114}{Z^2} + \frac{108}{Z} \quad (2)$$

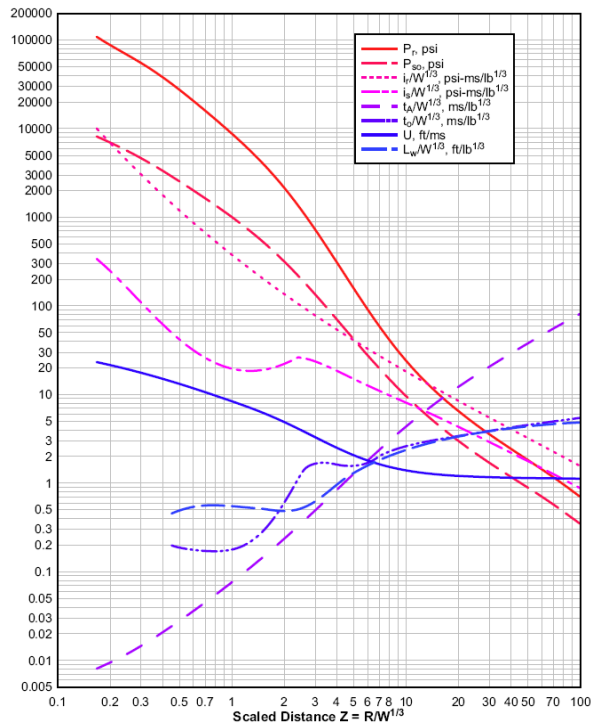
vagy az orosz irodalomban fellelhető képlet [3] (itt a Z nem külön változó, hanem C a tömeg, R a távolság):

$$\Delta_{p\neq} = 0.084 \frac{\sqrt[3]{C}}{R} + 0.27 \frac{\sqrt[3]{C^2}}{R^2} + 0.7 \frac{C}{R^3} \quad (3)$$

Belátható, hogy a két fenti ajánlás csak az interpolációs együtthatókban különbözik egymástól. A sok helyen, különböző körülmények közt elvégzett robbantások eredményeit többen is megkísérelték összesíteni, a TM5-1300-ban [4] közreadott általános empirikus grafikon a 2. ábrán látható.

Empirikus teherfelvétel

A kísérleti robbantásokból megkapott paraméterekből a szerkezetre ható terhek megállapítását a TM5-1300 részletesen bemutatja, többek közt Glasstone és Dolan [5] atomfegyverek hatásairól szóló könyve alapján. Kezelhetők a lökeshullám egyszeri visszaverődései, számíthatók a frontfal, oldalfal és hátsó fal terhei. Ezek az eljárások egyszerű térben, egyszerű geometriák esetén használhatók. A nyílásokat tartalmazó homlokzat problémája is megoldott, de a lokalizált hatások nem tudnak érvényesülni. Az eljárás legnagyobb hátránya, hogy feltételezi a sík hullámok elvének meglétét, holott bizonyos szerkezeti magasság esetén ez a feltételezés nem igaz.



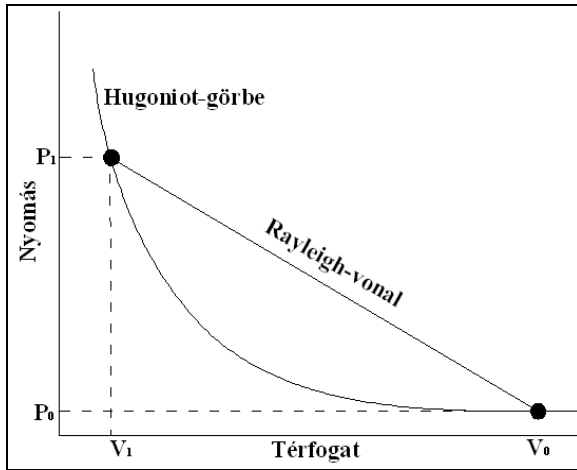
2. ábra - Kísérleti robbanási paraméterek földközeli robbanás esetén [4]

NUMERIKUS ÁRAMLÁSTAN

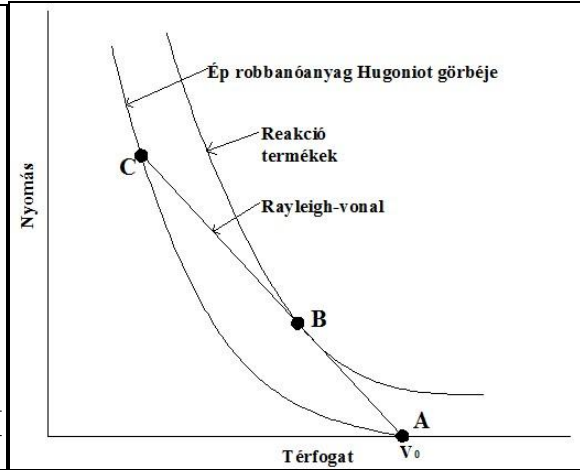
A robbanás gázdinamikai megközelítése

Az áramlástani megközelítés sokkal pontosabb és sokkal nagyobb vizsgálati távlatokat nyit az empirikus módszerhez képest. A módszer kalibrálásához szintén szükségesek kísérletekből nyert adatok, de ez a robbanóanyag állapotegyenletének a szintjén történik meg, így sok más bizonytalansági tényező kizárható: a levegő hőmérséklete, a légköri nyomás, visszaverődések, töltet alakja stb. Ezen tényezők az áramlástani módszerben mind figyelembe vehetők, megadhatók, és a számításban benne vannak paraméterként.

A módszer alkalmazhatóságához több tudományos áttörés is szükséges volt. Először Rankine és Hugoniot írta fel 1887-ben eredményesen a lökeshullámban lejátszódó folyamatokat. Ők egy végtelen vékony közegnek fogták fel a lökeshullámot, amelyben szinguláris állapotváltozás jön létre. A lökeshullámban is érvényes a tömeg-, lendület-, és energiamegmaradás törvénye. Az energiamegmaradás törvényének megfelelően a 3. ábrán látható görbe a Hugoniot görbe, ez mindazon p-V pontoknak az összessége, amely p-V állapotokban a vizsgált közeg létezhet. Ennek a görbének két pontja közti állapotváltozás normál esetben a görbe mentén jön létre, a szinguláris állapotváltozást egy közvetlen ugrással, a Rayleigh egyenes mentén írhatjuk le. Később - 1905-ben - Chapman és Jouget terjesztette ezt az elméletet ki a robbanóanyagokra is. A robbanás során keletkező reakciótermékek nem viselkednek ideális gázként, tehát a p-V síkon más görbével írhatók le. A detonáció folyamatának egy szemléletes módja látható a 4. ábrán. A lökeshullám hatására a robbanóanyag itt is az A pontból a C pontra szeretne szingulárisan átugrani, ám a kémiai reakció miatt „nem ér el oda”, egyensúlyi állapotot csak a reakciótermékek Hugoniot görbéjén talál, „félúton” a C pont felé. Chapman és Jouget korszakalkotó hipotézise az volt, hogy a B pontban a Rayleigh egyenes épp a reakciótermékek Hugoniot görbéjének érintőjét adja. Ez a feltétel matematikailag határozottá tette a jelenség leírását.



3. ábra - Tetszőleges közegben történő szinguláris állapotváltozás

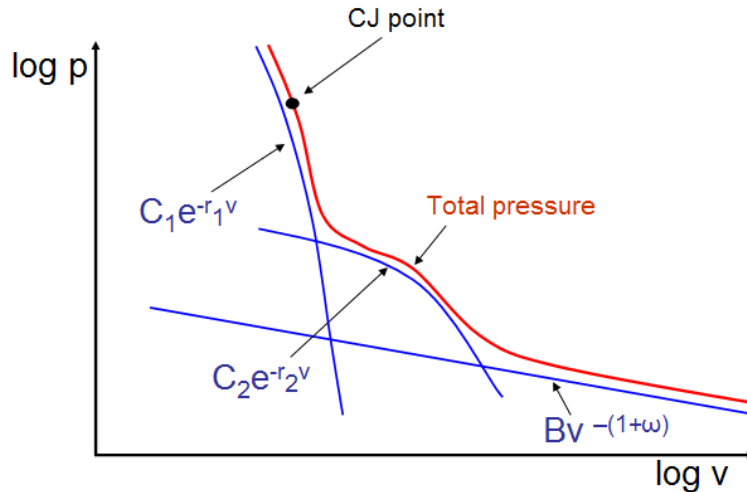


4. ábra - Detonáció folyamata a p-V síkon

A B pontot Chapman és Jouguet után CJ pontnak is szokás nevezni. A detonáció jelenségének leírása után a kutatások a reakciótermékek Hugoniot görbéjének pontos meghatározására összpontosítottak. Ez szükséges ahhoz, hogy pontosan modellezhető legyen, mi történik a gázokkal a CJ pontra kerülésük után. A gázok kiterjedése a rendkívül magas hőmérséklet miatt adiabatikus expanzióként megy végbe. Az 5. ábrán láthatók azok az adiabaták, melyek leírják ezt a folyamatot. Ezeket számszerűen megfogalmazva 1968-óta a Jones-Wilkins-Lee féle TNT állapotegyenletként ismeretes:

$$P = C_1 \left(1 - \frac{\omega}{r_1 V}\right) e^{-r_1 V} + C_2 \left(1 - \frac{\omega}{r_2 V}\right) e^{-r_2 V} + \frac{\omega \psi}{V} \quad (4)$$

ahol C_1 , C_2 , r_1 , r_2 , és ω kísérletekből megállapított konstansok (1. táblázat).



5. ábra - TNT reakciótermékeinek adiabatikus expanziója [6]

Energia [kJ/kg]	Sűrűség [kg/m ³]	Detonációs sebesség [km/s]	Detonációs nyomás [GPa]	A [10 ¹¹ Pa]	B [10 ⁹ Pa]	C [10 ¹⁴ Pa]	R ₁	R ₂	ω
4870	1580	8,5	21	3,73	3,74	7,34	4,15	0,90	0,35

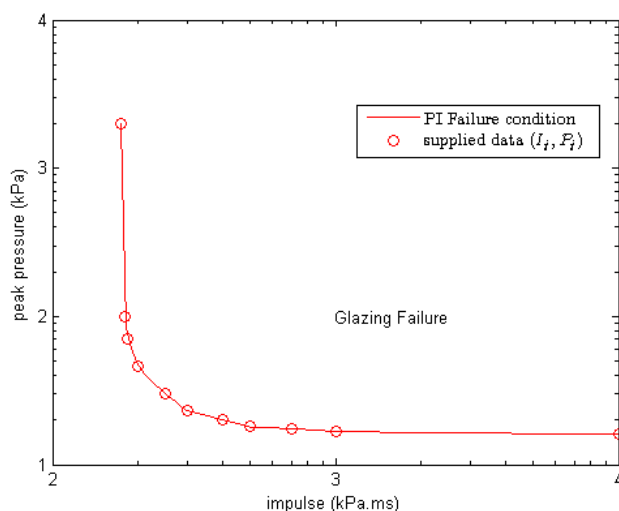
1. táblázat - A TNT JWL állapotegyenletének kísérleti konstansai [7]

Áramlástanai szoftverek

Az egyik legkorábban végzett numerikus vizsgálat a lökeshullámok tekintetében Brode nevéhez fűződik, aki 1955-ben a Los Alamosi kutatóközpontban lényegében a ma is az áramlás-tanban alkalmazott összefüggéseket oldotta korabeli számítéstechnikai lehetőségek mellett [8]. Az előző pontokban foglaltakat a FEM és FVM technológiákkal párosítva több szoftveres környezetet is kifejlesztettek a lökeshullámok modellezésére. Az ANSYS által felvásárolt Century Dynamics AutoDYN néven ismert explicit megoldója a legszélesebb körben használt szoftver. További programok még az ABAQUS, LS-DYNA, NASTRAN. Ez a három szoftver teljes körű megoldásokat kínál, egy-, és kétirányú kapcsolással a szilárd és gáz közegek közt. Az egyszerűbb programok csak áramlástanai résszel rendelkeznek, pl. a Sharc, illetve a ProSAir.

Az itt bemutatásra kerülő szimulációkat a Cranfieldi Egyetemen fejlesztett ProSAir szoftverrel végeztük el. A szoftverrel végtelen merev testként modellezzük az épületeket, akadályokat, és ezek felületén - vagy bárhol a térben - mérési pontokat definiálunk, ahol a lökeshullám állapotjelzőinek időbeni változása lekérdezhető. A szoftver csak 41 bájt memóriát címez meg térfogatelemenként, és külön képes kezelni a robbanás során az 1 dimenziós gömbkoordinátás, 2 dimenziós hengerkoordinátás, és 3 dimenziós descartes koordinátás megoldási fázisokat, így teremtve meg a lehetőséget a számítási idő csökkentésére (a hálósűrítés nem támogatott). A nagy rendszerek ezzel szemben alap esetben csak 1, 2, vagy 3 dimenzióban dolgoznak, azonban a felhasználó által generált és tetszőlegesen sűrített hálózaton. Az időlépcső csak egy paramétertől függ. Hátránya a programnak, hogy a levegőt csak állandó γ értékű, ideális gázként kezeli, csak gömb alakú tölteteket tud számítani, és érzékeny a számítási tartomány peremfeltételeire. A megfelelő oldaltávolságok, geometriai arányok betartásának hiányában a kapott adatok pontatlanok lehetnek, vagy elveszhet a szimmetria.

Lehetőség van a végtelen merev felületeken kívül ablakok modellezésére is, amelyek adott terhelésnél tönkremennek, és onnantól a lökeshullám át tud haladni rajta. Ez nagyban elősegíti a komplex terekben történő áramlások követését, és megkönnyíti az ablakok betörésének vizsgálatát is, hiszen nem kell utólag ellenőrizni az eredményeket, hogy azok meghaladják-e az ablak teherbírását. Az ablakelemek tönkremenetelének egyik lehetséges vizsgálata a PI diagram, ahol a nyomás-impulzus síkon egy hiperbola választja el a tönkremenő és a sértetlen zónát.



6. ábra - Az ablakelemek tönkremeneteli feltétele

A program a klasszikus Jones-Wilkins-Lee féle TNT állapotegyenlettel dolgozik (1. táblázat). Az Air3D kombinálja az Advection Upstream Splitting Method (AUSMDV)-ot a MUSCL-Hancock féle időintegrálással, egy másodrendű számítást eredményezve (a nagy szoftvereknél 4-5-öd rendű numerikus megoldásokat is alkalmaznak pl. Runge-Kutta módszerek). A megoldást az Euler egyenletek megoldásával kaphatjuk meg, ezek 3D-s esetben a következők (alsó indexben a parciális deriváltak) [11]:

$$U_t + F(U)_x + G(U)_y + H(U)_z = 0 \quad (5)$$

Ahol

$$U = \left\{ \begin{array}{c} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ \rho w \\ \rho \left(e + \frac{v^2}{2} \right) \end{array} \right\} \quad \text{konzervatív mennyiségek}$$

$$F = \left\{ \begin{array}{c} \rho u \\ \rho u^2 + p \\ \rho uv \\ \rho uw \\ \rho u \left(e + \frac{v^2}{2} \right) + pu \end{array} \right\} \quad G = \left\{ \begin{array}{c} \rho v \\ \rho vu \\ \rho v^2 + p \\ \rho vw \\ \rho v \left(e + \frac{v^2}{2} \right) + pv \end{array} \right\} \quad H = \left\{ \begin{array}{c} \rho w \\ \rho wu \\ \rho wv \\ \rho w^2 + p \\ \rho w \left(e + \frac{v^2}{2} \right) + pw \end{array} \right\}$$

fluxusok vektorai

Ezekbe az egyenletekbe a fluxusok vektorának ötödik eleménél kell implementálni a JWL állapotegyenletet. A számítás során kapott eredmények a következők:

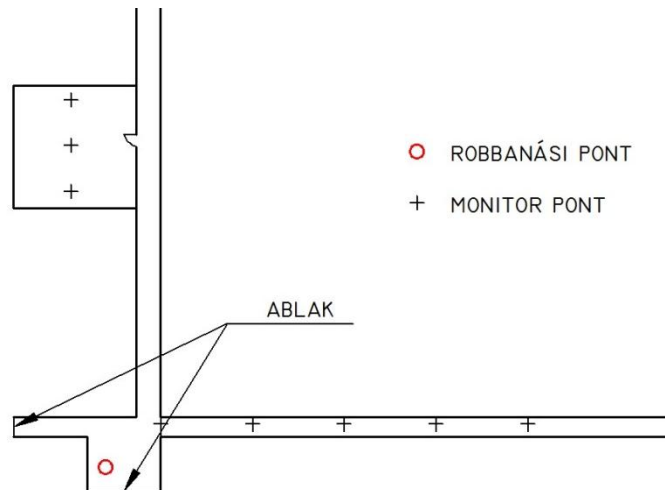
- hullámfront x,y,z irányú sebessége
- túlnyomás
- hőmérséklet
- sűrűség
- energia

Ebből gyakorlati jelentősége a túlnyomásnak és a sebességnek van. Előbbi a terhek felvételéhez és megannyi más vizsgálat kiindulási adataként szükséges, utóbbi a repeszhatás vizsgálatához kell.

ESETTANULMÁNYOK

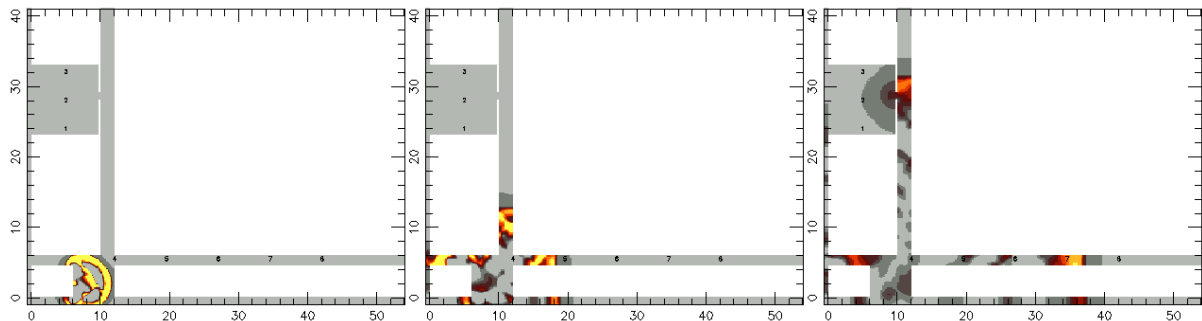
Irodaház vizsgálata belső robbanásra

Vizsgáljuk meg egy tetszőleges irodaház portáján elhelyezett aktatáskába rejtett pokolgép hatását a belső térre. Az egyszerűsített alaprajz a 7. ábrán látható, a belmagasság 2.7 m. A vizsgált robbanóanyag mennyiség 2.4 kg TNT. Négy monitorozási pontot veszünk fel, ahol a sebesség és a nyomás kerül lekérdezésre. A robbanási ponthoz közeli falokban két ablak is tönkremenő felületként lett betéve, tehát adott nyomás-impulzus értékpárnál tönkremegy, és onnantól már áthaladhat rajta a lökéshullám.

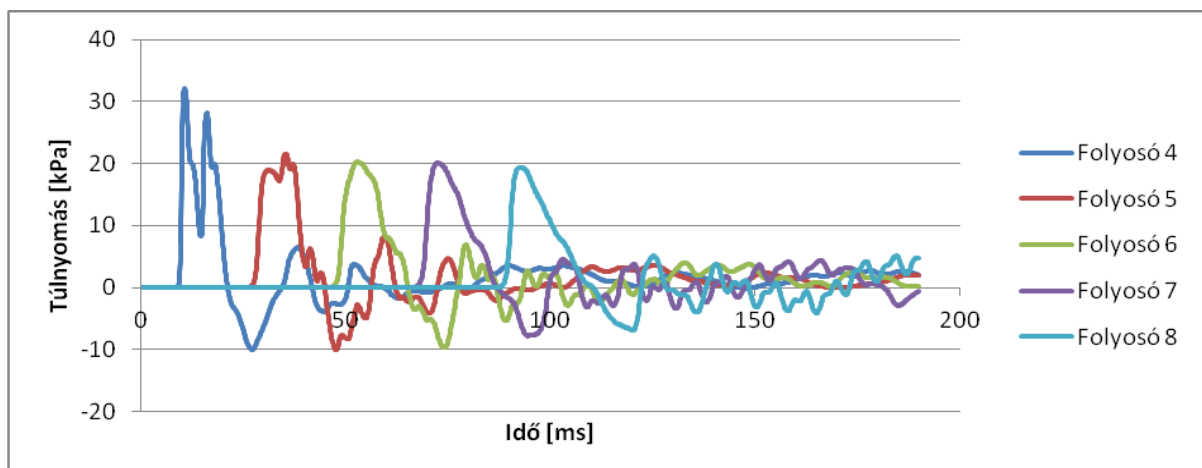


7. ábra - Irodaház alaprajzi elrendezése

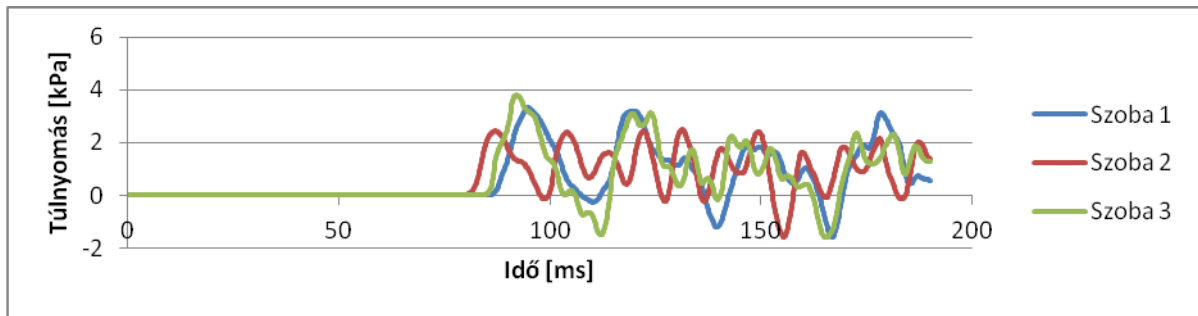
A 8. ábra 3 különböző fázisban mutatja a lökéshullámot. Megállapítható, hogy a portánál lévő ablak azonnal betörik. A 9. ábrán a folyosó pontjainak túlnyomásai vannak ábrázolva. Látható, hogy a túlnyomás a zárt tér terjedés miatt számottevően nem csökken, holott az empirikus számítás az 1. pontnál még túlbecsüli az értéket, a többinél pedig folyamatosan csökkenne a túlnyomás értéke. Megállapítható tehát, hogy a folyosón történő terjedés esetén a CFD számítás alkalmas a modellezésre, az empirikus pedig nem. A szobában lévő túlnyomási időtörténeten (10. ábra) látható a zárt térben való sok visszaverődés hatása. Mind a folyosón, mind a szobában mérhető túlnyomások elmaradnak az emberre veszélyes értéktől. Ha a sebességet nézzük (11. ábra) és feltételezzük, hogy a repeszek ezzel a sebességgel repülnek, azt kapjuk, hogy a folyosón a 20 g tömegű repeszek okoznak súlyos sérüléseket, míg a szobában nem számíthatunk repeszhatásra.



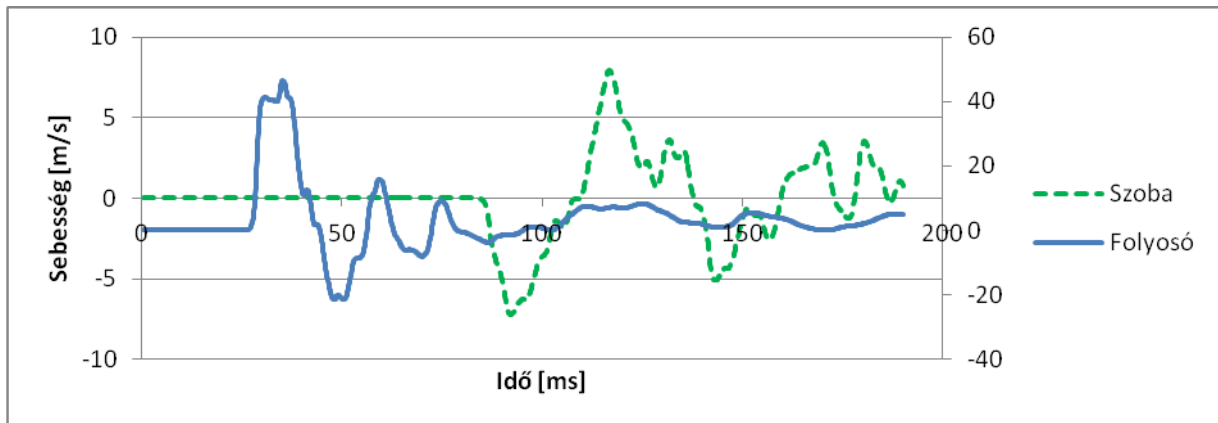
8. ábra - Lökéshullám terjedése a folyosókon



9. ábra - Folyosón lévő pontok túlnyomási értékei



10. ábra - Szobában lévő pontok túlnyomási értékei



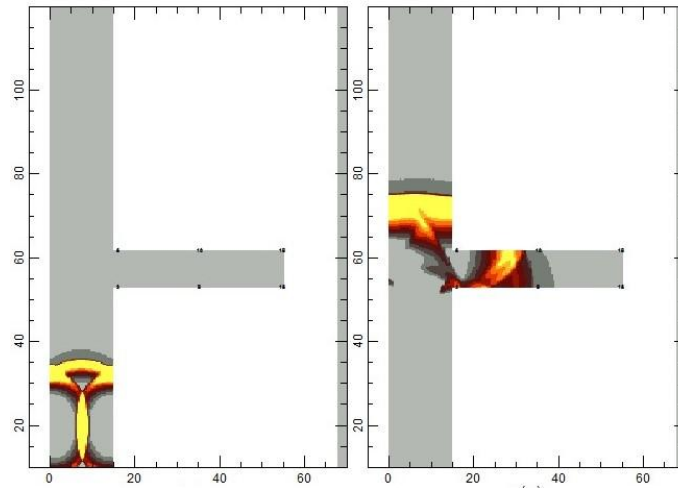
11. ábra - Sebességek a szobában és a folyosón

Beugró homlokzat melletti robbanás modellezése

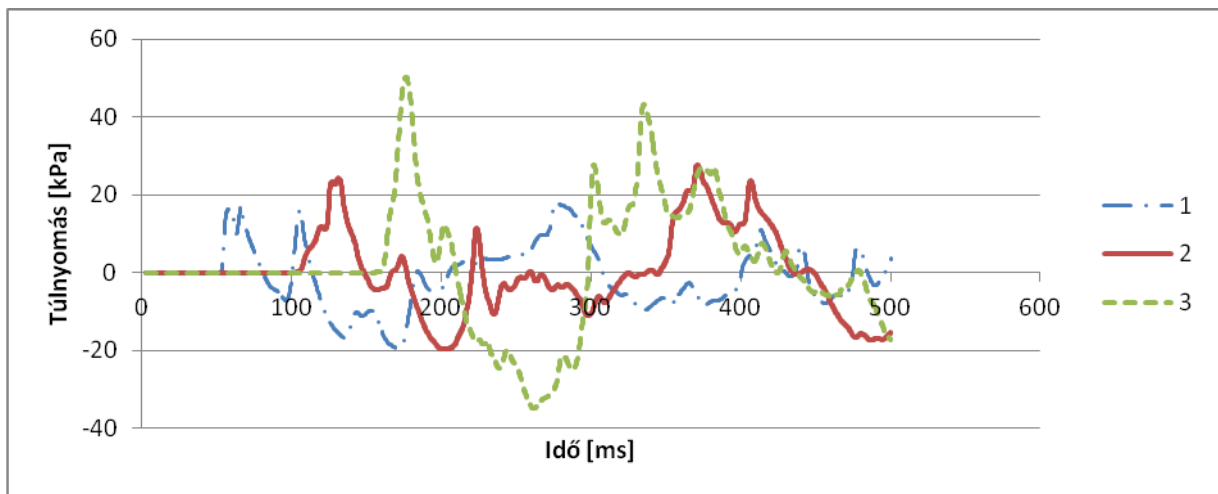
Vizsgáljuk meg a 12. ábrán látható utcán történő robbanás (250 kg TNT) hatását a sorház beugráshoz ér, behatol a belső, zárt előkertbe (13. ábra). A 14. ábrán a feltüntetett nyomások a belső udvarban egyre mélyebben elhelyezett monitorozási pontok. Megállapítható, hogy a legnagyobb nyomás a belső udvar végében, a falnál van, ahol a lökéshullám visszaverődik. Az utcához közelebb lévők nagyobb biztonságban vannak. Természetesen az emberélettvédelmi, illetve ablakokra vonatkozó vizsgálatokat itt is el lehetne végezni.



12. ábra - Beugró homlokzati kialakítás a Budafoki úton



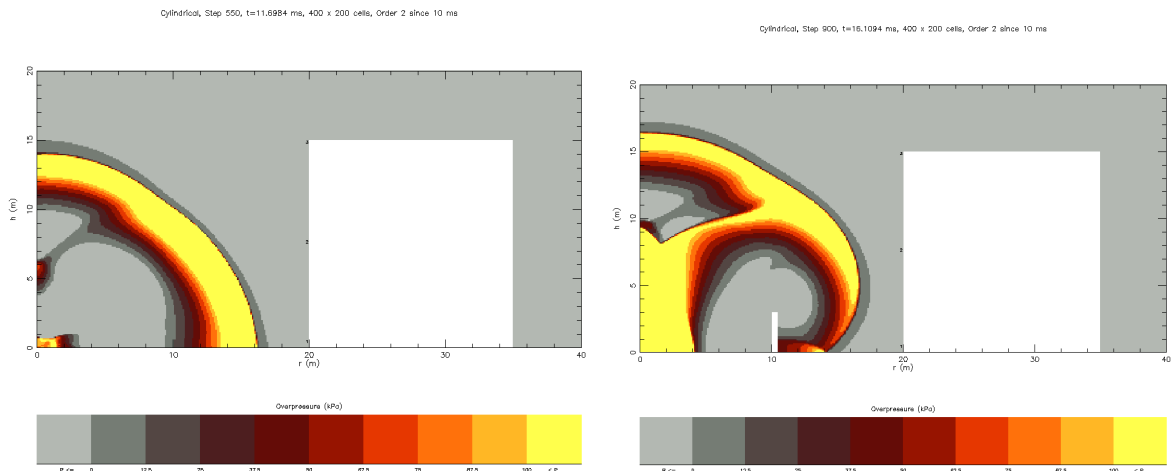
13. ábra - A lökéshullám a robbanáskor és a beugró részénél



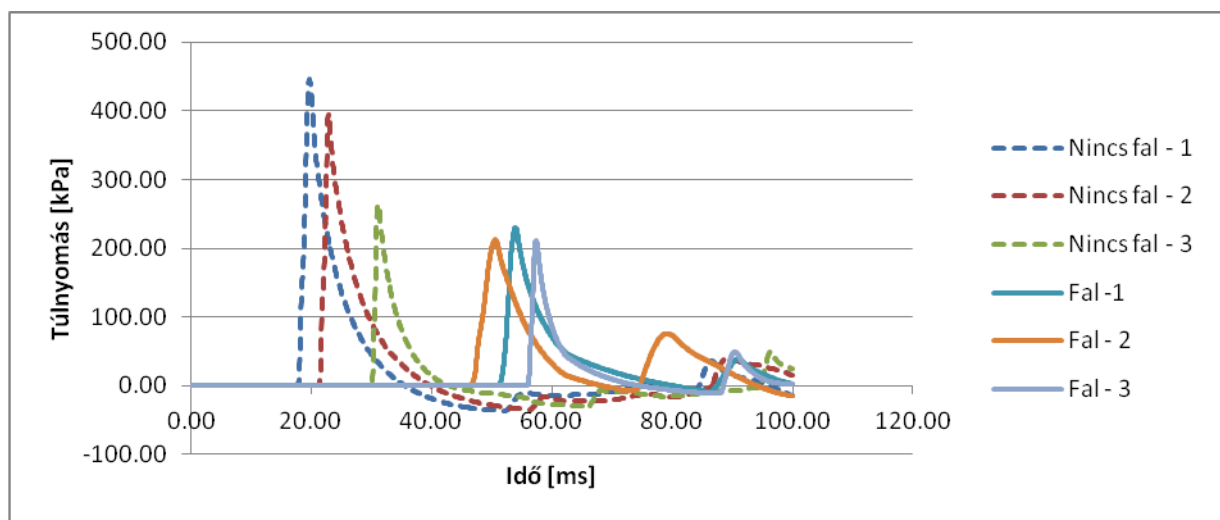
14. ábra - Nyomásgörbék a beugróban

Védőfallal körbevett épület robbanásterhe

Vizsgáljuk meg, hogy egy általános geometriájú (5 szintes) épület homlokzati robbanásterhén (400 kg TNT) mit változtat egy az épülettől 10 méterre elhelyezett, 3 m magas robbanásvédő fal. Feltételezzük, hogy a fal nem semmisül meg a robbanás hatására. A 15. ábrán látható a fal nélküli és a fallal körülvett változat esetén a lökéshullám terjedésének egy pillanata. A falon „átbukva” a lökéshullám továbbra is gömbszerűen igyekszik terjedni, a földet elérve visszaverődik, és így halad tovább az épület felé. A fal hatása jól látható az ábrákon a lökéshullám legnagyobb nyomású szélső zónájában, amely a fal esetében kisebbre adódik.



15. ábra - Fal nélküli és fallal védett épület vizsgálata (oldalnézet)

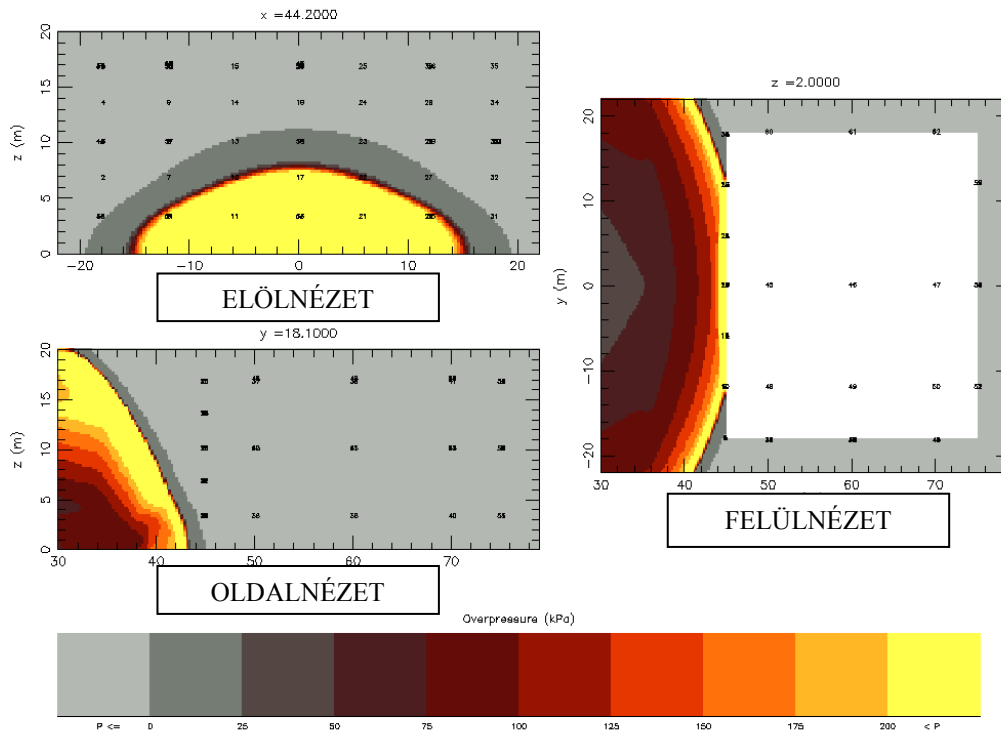


16. ábra - Fal nélküli és fallal védett elrendezés esetén a fal nyomásgörbéi

Ez látható az 16. ábrán is, ahol a homlokzaton felvett 3 monitorozási pont nyomásgörbéje látható. Az ábrából jól kitűnik, hogy a fal az épület alján és közepén közel felére csökkenti a ható túlnyomást, míg a tetején már kevésbé jelentős a csökkenés. Hasonló módon, az alsó két ponton az impulzus értéke 60%-re csökken, a felső ponton ez az érték mindössze 80%. A kapott értékekkel természetesen minden további vizsgálat elvégezhető.

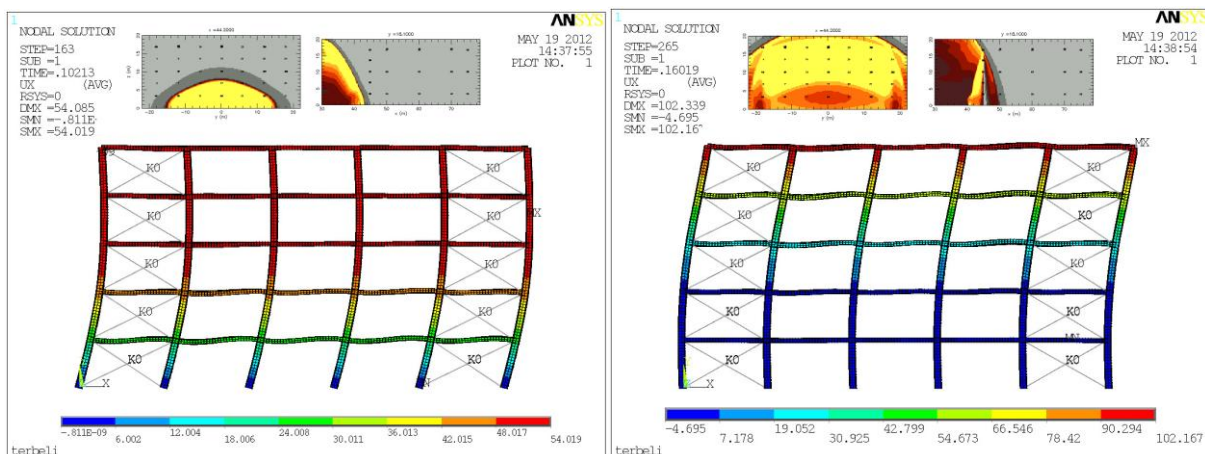
Irodaház szerkezetének vizsgálata robbanásterherre

3D, Step 70, t=33.7874 ms, 196 x 176 x 80 cells, Order 2 since 10 ms



17. ábra - Lökéshullám szétterjedése a homlokzaton

Hasonlítsuk össze egy acélszerkezetű, rácozott merevített keretállású irodaház maximális tetőponti elmozdulását 8000 kg TNT egyenértékű, 45 m-re történő robbanás esetén empirikus, illetve CFD teherfelvétel mellett! A fő különbség az lesz, hogy míg az empirikus teher a sík hullámok feltételezésének megfelelően egyben nyomja meg az egész homlokzatot, addig az áramlástani vizsgálat kihozza azt, hogy a lökéshullám időben szétterjed a homlokzaton, nem egyszerre nyomja azt meg (17. ábra).



18. ábra - A szerkezet elmozdulása a terhelés kezdeti és későbbi fázisában []

Az 18. ábrán látható, hogy a terhelés elején más rezgésalakot gerjeszt a lökéshullám, mint a végén, amikor már az egész homlokzatot terheli. A számítások nem kerülnek részletezésre, de az eredmények közlése fontos tanulsággal bír: az empirikus számításban a maximális tetőponti eltolódás 163 mm volt, míg a CFD terhelés esetén mindössze 102 mm. Ez a 40%-os csök-

kenés egyértelműen mutatja az áramlástanai teherfelvétel szükségességét. A pontosságnak az ára az, hogy kapcsolt analízist kell végrehajtani, tehát a folyadéktérből kinyert eredményeket kell a szerkezeti modellterben alkalmazni, ami két különböző programrendszer használata esetén nehézkes eljárás.

ÖSSZEFOGLALÁS

Bemutatásra került a robbanásokból származó lökéshullámok empirikus és áramlástanai megközelítése. A mai számítási kapacitás mellett már nem elrugaszkodott elvárás, hogy a robbantásvédelem vizsgálatait a CFD számításokkal pontosítsuk. Ennek alátámasztására néhány apró példát mutattunk be, amelyben olyan hatásokat vizsgáltunk, melyek az empirikus megközelítés mellett - a komplex geometria miatt - nem lehetségesek. Az eredmények bemutatásánál csak a túlnyomások, sebességek karakterisztikáját igyekeztünk bemutatni, nem konkrét vizsgálatokat végeztünk. Az összehasonlításokból kitűnik a komplex geometria hatása a lökéshullám terjedésére és a túlnyomások alakulására. Az eredmények alapján úgy ítéljük meg, hogy érdemes a különböző problémákra paraméteres vizsgálatokat végezni a jövőben.

Köszönetünket nyilvánítjuk ki a Cranfield Egyetemnek a ProSAir szoftver kutatási céljából kiadott licenzéért.

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások. „A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.”

„The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund.”

IRODALOM

1. B. HOPKINSON - British Ordnance Board Minutes 13565 - 1915
2. MILLS C.A. First International Conference on "Concrete for Hazard Protection" Edingburgh 1987
3. GYÖRGYI József - Szerkezetek Dinamikája - Műegyetemi Kiadó 2006
4. US Army Corps of Engineers - STRUCTURES TO RESIST THE EFFECTS OF ACCIDENTAL EXPLOSIONS - 1990
5. GLASSTONE, DOLAN - Effects of Nuclear Weapons 1977
6. www.kxcad.net
7. ZAKRISSON - Numerical simulations of blast loads and structural deformation from near-field explosions in air – Elsevier – 2010
8. H. L. BRODE - Numerical Solution of Spherical Blast Waves - Journal of Applied Physics 1955
9. P. W. COOPER – Explosives Engineering – Wiley - 1996
10. ROMÁN Zsolt - Acélszerkezetű épület vizsgálata pontosított robbanásteherre - MSc Diplomamunka BME Építőmérnöki kar 2012
11. Air3D - User's Manual – Cranfield University

BALOGH Zsuzsanna¹, Dr. HANKA László²

BAYES-ANALÍZIS ALKALMAZÁSA A KOCKÁZATELEMZÉSBEN³

Absztrakt: A rendelkezésre álló adatok szerint a terrorizmus aktivitása napról-napra növekszik, különösen az utóbbi 15 évben. A terrorizmus globális problémává vált. A modern terrorizmus azonban jellegében eltér a múltbéliétől. Napjainkban a terroristáknak lehetősége van az innovatív technológiák alkalmazására. Ez merőben új kihívást jelent a védekezés szempontjából a szakemberek számára. A kockázatelemzés elmélete és módszerei alkalmazhatók arra, hogy segítségükkel becslést adjunk a terrorcselekmények bekövetkezésére és a következményekre vonatkozólag. A kockázat becslésére matematikai módszerek alkalmazhatóak, ezen belül is széleskörűen alkalmazott a valószínűségelméleti megközelítés. A legalkalmasabb elméleti háttérnek Bayes-féle következtetések elmélete mutatkozik. Ebben a dolgozatban a Bayes-tételt és alkalmazásának lehetőségeit mutatjuk be a terrorizmus fenyegetettségével kapcsolatban.

Kulcsszavak: Bayes-tétel, a priori - a posteriori valószínűség eloszlások, paraméterbecslés, valószínűségeloszlások frissítése, maximum a posteriori becslés.

Abstract: According to data, terrorist activity tends to grow steadily, especially during the past 15 years. Terrorism became a global problem. Modern terrorism differs from the terrorism of the past. Nowadays terrorists have the opportunity to use innovative technologies. According to defence and protection this is an entirely new challenge for experts. The theory of risk and methods of risk analysis can be applied to assess the risk of terrorist activity and consequences. Mathematical methods, especially the probabilistic approach are widely applied for expressing the risk. The theory of Bayesian inference seems to be extremely suitable framework for this purpose. In this work Bayes-theory and its applications will be demonstrated in the context of terrorist's threat.

Keywords: Bayes-theorem, prior - posterior probability distributions, parameter estimation, updating, maximum posterior estimation.

BEVEZETÉS

A terrorizmussal foglalkozó kutatói körökben általánosan elfogadott definíció szerint a kockázatot – bármilyen konkrét eseményre alkalmazzuk is – három tényező határozza meg: a „fenyegetettség”, a „sebezhetőség” és a lehetséges „következmények” [1]. Ezek közül az első két faktor fogható meg a valószínűségelmélet eszközeivel, a harmadik tényező elsősorban gazdasági jellegű számításokat igényel. Matematikai alakban kifejezve a kockázat ezek alapján a következő módon adható meg:

$$\text{Kockázat} = P(A) \cdot P(S|A) \cdot C \quad (1)$$

ahol az A esemény jelenti egy esetleges nemkívánatos cselekmény, egy „terrorista akció” bekövetkezését (egy adott típusú fegyver alkalmazását, a célba juttatás módját, a cél kiválasztását, stb.), $P(A)$ ennek az eseménynek a valószínűsége. Az S jelenti az elkövetők szempontjából értékelt „siker” bekövetkezését, az A esemény, mint feltétel bekövetkezése

¹ BALOGH Zsuzsanna, mk. alezredes, HM Hadfelszerelési és Vagyonfelügyeleti Főosztály, balogh.zsuzsanna@hm.gov.hu

² Dr. HANKA László (PhD), Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Kar, Mechatronikai Intézet, hanka.laszlo@gbk.uni-obuda.hu

³ Robbantástechnika (HU-ISSN 1788-5671) konferencia kiadványban megjelent cikk másodközlése, pp. 188-204.

esetén, a $P(S|A)$ „likelihood” valószínűség pedig ennek a feltételes valószínűségnek az értéke. A C pedig jelenti a sikeres esemény következményét (okozott anyagi kár, sérültek száma, halálesetek száma, direkt vagy indirekt gazdasági hatások, pszichológiai károk, stb.) akár anyagiakban, akár valamilyen egyéb, az esemény természetének megfelelő mérőszámmal kifejezve.

A valószínűségelmélet hatáskörébe az első két, külön-külön nem kis kihívást jelentő tényező becslése, kiszámítása tartozik. A témakörrel foglalkozó kutatói körökben, kormányhivatalokban, hírszerző hivataloknál egyre nagyobb teret nyer a matematika alkalmazása, egyre elfogadottabb a terrorizmus fenyegetéseit valószínűségi eszközökkel modellezni.

A problémakör meglehetősen összetett, azonban a matematikai modellezésre kiváló keretet szolgáltat a Bayes-féle valószínűségelmélet [2], amely különösen alkalmas a leírásra több okból is. Egyrészt lehetőséget teremt a különböző forrásokból és különböző szempontok alapján összegyűjtött adatok figyelembe vételére. Lehetővé teszi a problémakör leírását akkor is, ha viszonylag csekély mennyiségű adat áll rendelkezésre, alternatívákat szolgáltat a döntéshozók számára, rugalmasan kezeli a rendelkezésre álló adatokat, segítségével folyamatosan frissíteni lehet a modelleket az újonnan feltárt adatok alapján. Összefoglalva rugalmas és egységes keretet szolgáltat a védekezés kialakításához és ellenintézkedések tervezéséhez. Ennek az elméletnek az alkalmazását mutatjuk be a következőkben.

TERRORCSELEKMÉNYEK KOCKÁZATÁNAK BECSLÉSE

Egy konkrét nemkívánatos esemény bekövetkezésének a valószínűségét alapvetően, nulladik megközelítésben, természetesen a gyakorisági analízis elveit követve tudjuk becsülni [3], máris hozzátesszük, kellő mennyiségű adat birtokában.

1. Ennek leírásához tegyük fel, hogy ismereteink szerint számításba kell venni elkövetőként a T_j terroristacsoportot, illetve egyént, ahol a j index ezek számára utal. Az összes lehetőség természetesen ismeretlen, a hírszerző hivatalok feladata kideríteni, hogy egy adott cselekmény szempontjából melyek jöhetnek szóba, így válik ez az indexhalmaz konkréttá.

2. Mindegyik T_j csoport/egyén elvileg alkalmazhatja az F_i „fegyvert” amely lehet biológiai, nukleáris, piszkos bomba, hagyományos robbanótöltet, stb. Az i indexek halmazáról ugyanazt tudjuk mondani, mint az előbbieken, a konkrét fenyegetettség kapcsán kell tisztázni ezek számát és természetét.

3. Minden potenciális elkövetőnek vannak céljai, amelyet a matematikai leírás miatt számszerűsítünk valamely U_j függvénnyel, amely függvény kifejezi az adott elkövetők által kitűzött célt, valamely olyan mennyiséggel kifejezve, amely az adott elkövetők szempontjából hasznos. Ez lehet az okozott anyagi kár, a halálesetek száma, az evakuált terület nagysága, valamely rendszer működésében okozott fennakadás időtartama, stb. Ez a függvényérték tovább finomítható egy további k indexszel, aszerint, hogy egy, az elkövetők szempontjából sikeresnek tekintett eseménynek több hozadéka lehet. Így beszélhetünk ezen függvény X_{ijk} változójáról, amit az elkövetők a tervezéskor számításba vesznek. Eszerint az U_j függvény értéke ezen változóknak bizonyos $u(X_{ijk})$ függvénye, egyszerű estben súlyozott összege. Ha S jelöli a sikeres akció bekövetkezését, akkor az U_j függvény alakja:

$$U_j(S|F_i, T_j) = \sum_k u(X_{ijk}) \quad (2)$$

Jelölje az elkövetők szempontjából tekintve $P(S|F_i, T_j)$ a sikeres akció valószínűségét. Ekkor az elkövetők szempontjából a sikeres esemény hozadéka, „várható értéke” az

$$E(U_j|F_i, T_j) = P(S|F_i, T_j) \cdot U_j(S|F_i, T_j) \quad (3)$$

összefüggéssel adható meg. Ezek után – a gyakorisági megközelítést felhasználva – egy T_j elkövető által az F_j módszerrel/fegyverrel/szenárióval elkövetett esemény valószínűsége, tekintetbe véve az összes lehetséges szenáriót, a várható értékek arányával az alábbi módon becsülhető meg:

$$P(F_i|T_j) = \frac{E(U_j|F_i, T_j)}{\sum_i E(U_j|F_i, T_j)} \quad (4)$$

Ezek a valószínűségek jelentik a nulladik közelítés likelihood valószínűségeit. Ebben az egyenletben természetesen benne van az a feltevés, hogy egy adott elkövető/terrorcsoport egyszerre csak egy tervet készít továbbá az is, hogy az egyes szenáriók függetlenek és összegük kimeríti az összes figyelembe vehető lehetőséget, azaz hogy teljes eseményrendszert alkotnak.

4. Most következik a hírszerző szervek szerepe. Információt kell gyűjteni arról, hogy a T_j potenciális elkövető milyen valószínűséggel követ el egy cselekményt, legyen az bármilyen szenárió által leírható. Adja meg ezt a $P(T_j)$ valószínűség. Ezek után lehetőségünk van arra, hogy megbecsüljük a T_j elkövető által F_i szenárió szerinti nemkívánatos esemény valószínűségét. A valószínűségek szorzástétele szerint:

$$P(F_i, T_j) = P(F_i|T_j) \cdot P(T_j) = \frac{E(U_j|F_i, T_j)}{\sum_i E(U_j|F_i, T_j)} \cdot P(T_j) \quad (5)$$

Itt a $P(T_j)$ valószínűségek jelentik a probléma leírásához nulladik lépésben az a priori eloszlást. Ezek után feltehetjük a kérdést: Mi a valószínűsége annak, hogy a T_j elvető által F_i szenárió szerinti nemkívánatos esemény sikeres, azaz bekövetkezik az S esemény? Ugyancsak a szorzástétel ad erre választ:

$$P(S, F_i, T_j) = P(S|F_i, T_j) P(F_i|T_j) \cdot P(T_j) \quad (6)$$

Ebben a lépésben igen lényeges szerepe van a $P(S|F_i, T_j)$ valószínűségeknek, amelyek igen beható vizsgálatot tesznek szükségessé. Ezek kiszámítása nem nélkülözheti az egyes szakterületek hatékony közös munkáját. Ha például arra gondolunk, hogy egy hagyományos robbanótöltettel elkövetett merénylet sikerének valószínűségét kell megbecsülni, akkor számításba kell venni az alábbiakat [4]:

- i. Milyen töltettel követik el a merényletet.
- ii. Ennek a töltetnek milyenek a kémiai tulajdonságai.
- iii. A robbanás milyen fizikai körülményeket hoz létre: a nyomás maximális értéke, ennek időbeli lefolyása, a lökéshullám intenzitása, a lökéshullám időtartama, stb.
- iv. Erre a hatásra hogyan reagálnak az épületek egyes részei, amelyek lehetnek acélból, vasbetonból vagy üvegből, esetleg fából, stb.

Mint látható, a probléma meglehetősen összetett, a kockázatbecslés folyamatában azonban nem megkerülhető. Ha ezek után tekintetbe vesszük az összes lehetséges scenáriót, akkor kapjuk a T_j potenciális elkövető által okozott sikeres esemény valószínűségét. A teljes valószínűség tétele szerint

$$P(S|T_j) = \sum_i P(S|F_i, T_j) P(F_i|T_j) \quad (7)$$

Végül, az elemzett eredmények birtokában, ha információt gyűjtünk az összes lehetséges T_j elkövetőről a fenti módon, lehetőségünk van megbecsülni egy sikeres akció, tehát az S esemény bekövetkezésének valószínűségét. Ugyancsak a teljes valószínűség tétele szerint:

$$P(S) = \sum_j P(S|T_j) P(T_j) \quad (8)$$

Ez az a priori eloszlásból levezethető eredmény.

5. Az a priori eloszlást frissíthetjük a Bayes-tétel alapján [2]. Tegyük fel, hogy bekövetkezett egy/több „sikeres” S esemény. Az erről/ezeokról szerzett információk birtokában, a Bayes-tétel alkalmazásával adódnak a $P(T_{j_0}|S)$ a posteriori valószínűségek:

$$P(T_{j_0}|S) = \frac{P(S|T_{j_0}) P(T_{j_0})}{P(S)} = \frac{P(S|T_{j_0}) P(T_{j_0})}{\sum_j P(S|T_j) P(T_j)} \quad (9)$$

amelyek az a priori valószínűségek aktualizált, frissített változatának tekinthetők. Ezek, mint kiderült, újabb adatok, korábban birtokunkban nem lévő információk alapján adódtak. A formula számlálójában szereplő j_0 index arra utal, hogy összegezni csak a nevezőben kell az összes lehetséges elkövetőre vonatkozólag, a $P(T_{j_0}|S)$ valószínűség egyetlen konkrét elkövetőre vonatkozik, azonban a számításokat az összes elkövetőre el kell végezni, hiszen az a posteriori valószínűségek eloszlást alkotnak.

Ha a hangsúlyt az elkövetés módjára, tehát az F_i scenárióra helyezzük, analóg gondolatmenettel kapjuk az eredményt. Kiküszöbölhetjük a gondolatmenetből a T_j változókat, képezhetjük a határeloszlást, egy jelenleg „feleslegesnek” ítélt változó kiküszöbölésével. A kérdés ebben az esetben így hangzik: Mi a valószínűsége egy sikeres eseménynek az F_i scenárió figyelembe vételével, tekintet nélkül arra, hogy ki az elkövető? A választ a kérdésre a teljes valószínűség tétele adja:

$$P(S|F_i) = \sum_j P(S|F_i, T_j) P(F_i|T_j) \quad (10)$$

Most a $P(F_i|T_j)$ valószínűségek tekinthetők a priori eloszlásnak. Egy sikeres esemény bekövetkezésének vizsgálata alapján ezek a valószínűségek is frissíthetők. Ismét a Bayes-tétel adja a választ arra a kérdésre, hogy hogyan változtak az a priori valószínűségek. Az a posteriori eloszlás a következő formulával írható le:

$$P(F_{i_0}|S, T_j) = \frac{P(S|F_{i_0}, T_j) P(F_{i_0}|T_j)}{P(S|F_i)} = \frac{P(S|F_{i_0}, T_j) P(F_{i_0}|T_j)}{\sum_j P(S|F_i, T_j) P(F_i|T_j)} \quad (11)$$

ahol az i_0 index ismét arra utal, hogy a számlálóban nem kell összegezni, ott rögzített index szerepel. Tekintettel azonban arra, hogy egy valószínűség eloszlás az eredmény, a számítást

természetesen itt is minden i_0 indexre el kell végezni, ami más szóval annyit jelent, hogy minden scenárióval kapcsolatban kapunk valószínűségi információt.

A mondottak illusztrációjaképpen vizsgáljuk a következő példát. Tegyük fel, hogy egy kritikus infrastruktúra elleni terrorcselekmény kockázatát szeretnénk megbecsülni, feltéve hogy az elkövetők hagyományos robbanóanyagot (TNT) alkalmaznak. A robbanótöltetet, a tömegétől függően, többféle módon lehet a célépület/építmény közelébe juttatni. Ha a tömeg 5-10 kg, egy személy, egy kézításkában juttathatja célba, ha 50-100 kg, akkor egy motorkerékpár jöhet szóba, 250-500 kg esetén személyautóról lehet szó, 1000 kg esetén pedig egy teherautó. Mindenekelőtt információt kell gyűjtenünk ezen F_i scenáriók valószínűségét illetően. Tekintettel arra, hogy – szerencsére – magyarországi adatok nem állnak rendelkezésre, a példához az Egyesült Államok egy publikus adatbázisából vettük az adatokat [5]. Ezeket tartalmazza az 1. táblázat.

Szenáriók (kg)	F1 = 5	F2 = 10	F3 = 50	F4 = 100	F5 = 250	F6 = 500	F7 = 1000
Valószínűségek	0,25	0,25	0,15	0,15	0,1	0,05	0,05

1. táblázat: „a priori” valószínűségek

Ezzel voltaképpen a $P(F_i)$ a priori eloszlást adtuk meg. Ezt az eloszlást szeretnénk frissíteni a tapasztalatok, megfigyelések alapján. Ez attól függ, hogy milyen nemkívánatos eseményt vizsgálunk, hogy az infrastruktúra elleni milyen természetű cselekményről van szó. Ez lehet az üvegtáblák sérülése, a vasbetonfal-elemek sérülése, fő tartószerkezeti elemek sérülése, vagy a totális kollapszus. Ezek vizsgálata beható mérnöki ismereteket, méréseket, számításokat igényel. Tegyük fel, hogy példánkban egy acélszerkezetű épületet vizsgálunk, amelynek homlokzata domináns módon üvegből van. A kérdés tehát az, hogy az adott mennyiségű hagyományos robbanószer detonációja milyen valószínűséggel okoz számottevő sérülést a homlokzatot alkotó üvegen. (Ez természetesen sok paramétértől függ. Ez dominánsan a detonáció távolsága, de lehet a felszín feletti magasság, esetleg időjárási viszonyok, a környezet beépítettsége, stb.) A rendelkezésre álló adatokat a $P(S|F_i)$ likelihood valószínűségekre vonatkozólag a 2. táblázat tartalmazza, amelyben már feltüntettük a detonáció jellemző távolságát is.

Szenáriók (kg)	F1 = 5	F2 = 10	F3 = 50	F4 = 100	F5 = 250	F6 = 500	F7 = 1000
Távolság (m)	25	25	100	100	100	100	100
Likelihood Valószínűségek: $P(S F_i)$	0,00	0,33	0,00	0,45	0,99	0,99	1,00

2. táblázat: likelihood valószínűségek

Ezen adatok alapján, a teljes valószínűség tételével egyrészt megbecsülhetjük a sikeres terrorakció valószínűségét, amelyre a következőt kapjuk:

$$P(S) = \sum_{i=1}^7 P(S|F_i)P(F_i) = 0,3485 \quad (12)$$

másrészt pedig frissíthetjük az a priori eloszlást a Bayes-tétel alapján:

$$P(F_i|S) = \frac{P(S|F_i)P(F_i)}{P(S)}; i = 1, 2, \dots, 7 \quad (13)$$

Az egyszerűség érdekében elhagytuk a formulából az elkövetőkre vonatkozó Tj információt. A kapott a posteriori valószínűségeket tartalmazza a 3. táblázat.

Szenáriók (kg)	F1 = 5	F2 = 10	F3 = 50	F4 = 100	F5 = 250	F6 = 500	F7 = 1000
Távolság (m)	25	25	100	100	100	100	100
„a posteriori” Valószínűségek: $P(F_i S)$	0	0,236729	0	0,193687	0,284075	0,142037	0,143472

3. táblázat: „a posteriori” valószínűségek

Az a priori és a posteriori paraméterbecslések alapján adódó binomiális eloszlásokat szemlélteti az 1. ábrán látható hisztogram. Ezen világosan szembetűnik, hogyan változnak egy adott nemkívánatos esemény kapcsán az első közelítésben kapott valószínűségi adatok. A frissített adatok bemenetként szolgálnak egy következő lépésben a Bayes-tétel ismételt alkalmazásához, ha újabb adatok jutnak a birtokunkba. Az elmélet következménye az, hogy az információk birtokában kapott frissített valószínűségeloszlás más valószínűségeket tartalmaz, mint a kezdeti modellfeltevés vagy bármilyen természetű input adatok alapján kapott eloszlás. Ez utóbbi precízebben tükrözi a valóságot, a valósággal kapcsolatos tudásunkat, mert megfigyeléssel kapott adatok figyelembe vételével történő pontosítás alapján adódott.



1. ábra: Robbantásos cselekményekkel kapcsolatos a priori és a posteriori eloszlás

NORMÁLIS ELOSZLÁS ALKALMAZÁSA A KOCKÁZATELEMZÉSBEN

Az egyik leggyakrabban alkalmazott folytonos eloszlás a normális eloszlás. Ha például egy kritikus infrastruktúra elleni robbantásos cselekményt veszünk alapul, akkor normális eloszlással írhatók le az alábbi, úgy a robbanótöltetre, mint a céltárgyra vonatkozó alapvető mennyiségek, mint valószínűségi változók [6]:

- az alkalmazott robbanótöltet tömege;
- a detonáció céltárgytól mért távolsága;
- a detonáció helyének a felszín feletti magassága;
- a robbanáskor keletkező lökéshullámban a maximális nyomás;
- a lökéshullám időtartama;
- a céltárgy egyes részeinek fizikai jellemzői: szakító szilárdság, torzió modulus, Young-modulus, stb. Egy sikeres terrorakció kockázatának becslésénél, ezen mennyiségek mindegyikére tekintettel kell lenni.

Tegyük fel tehát, hogy az X fizikai mennyiség egy normális eloszlású valószínűségi változóval írható le: $X = N(\mu, \sigma^2)$. Ez a likelihood függvény. Tegyük fel, hogy a keresett θ paraméter a likelihood eloszlás várható értéke: $\theta = \mu$. A fenti felsorolásban említett valószínűségi változók várható értéke, ésszerű korlátok mellett, leírható ugyancsak normális eloszlással. Feltesszük tehát, hogy az a priori eloszlás is normális m valamint s^2 hiperparaméterekkel: $\theta = N(m, s^2)$. A likelihood függvény és az a priori eloszlás rendre a következő alakot ölti: $f(x|\theta) = N(x|\theta, \sigma^2); \pi(\theta) = N(\theta|m, s^2)$. Az a posteriori eloszlás meghatározása a feladatunk. A konstans szorzóktól eltekintve, azt írhatjuk, hogy $\pi(\theta|x) \propto f(x|\theta) \cdot \pi(\theta)$. Ha a hiperparamétereket is hangsúlyozni akarjuk, akkor némileg pontosabban írhatjuk, hogy $\pi(\theta|x, m, s^2) \propto f(x|\theta, m, s^2) \cdot \pi(\theta|m, s^2)$. Tegyük fel, hogy első lépésben csak egyetlen megfigyelést végzünk. A normális eloszlás sűrűségfüggvényének figyelembe vételével adódik, hogy

$$\pi(\theta|x, m, s^2) \propto \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{(x-\theta)^2}{2\sigma^2}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi s}} \exp\left(-\frac{(\theta-m)^2}{2s^2}\right) \quad (14)$$

azaz

$$\pi(\theta|x, m, s^2) \propto \frac{1}{2\pi\sigma s} \exp\left(-\frac{(x-\theta)^2}{2\sigma^2} - \frac{(\theta-m)^2}{2s^2}\right) \quad (15)$$

Ez a függvény hasonlít egy normális eloszlás sűrűségfüggvényére. Ahhoz, hogy ennek várható értékét és a szórásnégyzetét, mint jellemző paramétert kiszámítsuk, szükséges némi algebrai átalakítás. Tejes négyzetté kiegészítés és rendezés után az exponenciális függvény kitevője az alábbi alakot ölti:

$$-\frac{1}{2} \frac{\sigma^2 + s^2}{\sigma^2 s^2} \left(\theta - \frac{\sigma^2 s^2}{\sigma^2 + s^2} \left(\frac{x}{\sigma^2} + \frac{m}{s^2} \right) \right)^2 - \frac{1}{2(\sigma^2 + s^2)} (x-m)^2 \quad (16)$$

Az összeg második tagja számunkra indifferens, hiszen az a sűrűségfüggvényben csak egy konstans szorzót eredményez. Az első tag azonban nagyon fontos eredményt mutat. Azt, hogy az a posteriori eloszlás ugyancsak normális eloszlás, m' és s'^2 paraméterekkel, ahol

$$m' = \frac{\sigma^2 s^2}{\sigma^2 + s^2} \left(\frac{x}{\sigma^2} + \frac{m}{s^2} \right) = \frac{s^2}{\sigma^2 + s^2} x + \frac{\sigma^2}{\sigma^2 + s^2} m; \quad s'^2 = \frac{\sigma^2 s^2}{\sigma^2 + s^2} \quad (17)$$

Ha ezt az eredményt általánosítjuk arra gyakorlatban fontos esetre, hogy általában (lehetőség szerint) nem egy, hanem n számú megfigyelést végzünk az X valószínűségi változóval kapcsolatban. Ekkor használjuk fel azt az ismert eredményt, hogy n számú megfigyelés során a szórásnégyzet az n -ed részére csökken. Az eredmény úgy adódik az előbbiből, hogy σ^2 helyére σ^2/n kerül, x helyére pedig a mintaátlag: \bar{x} . Tehát, ha a likelihood függvény normális eloszlással adott, valamint a várható értékre, mint paraméterre vonatkozó a priori eloszlás normális eloszlás $N(m, s^2)$, akkor az a posteriori eloszlás is normális eloszlás: $N(m', s'^2)$, ahol a frissített paraméterek:

$$m' = \frac{(\sigma^2/n)s^2}{(\sigma^2/n) + s^2} \left(\frac{\bar{x}}{\sigma^2/n} + \frac{m}{s^2} \right) = \frac{ns^2}{\sigma^2 + ns^2} \bar{x} + \frac{\sigma^2}{\sigma^2 + ns^2} m; \quad s'^2 = \frac{\sigma^2 s^2}{\sigma^2 + ns^2} \quad (18)$$

Másképpen fogalmazva, azt mutattuk meg, hogy a normális eloszlás konjugáltja ugyancsak normális eloszlás. Elemezzük a kapott eredményt. Ha a likelihood eloszlás θ várható értékét

normális a priori eloszlással modellezzük, akkor ezen eloszlás jellemzőire vonatkozólag élünk egy kezdeti feltevéssel: m, s . Ha a Bayes-tétellel áttérünk az a posteriori eloszlásra, amely ugyancsak normális eloszlás, akkor a várható érték új modellparamétereire kapjuk az m', s'^2

értékeket. Ezen paraméterek vizsgálatához vezessük be a $\lambda = \frac{ns^2}{\sigma^2 + ns^2}$ jelölést. Ekkor világos, hogy a frissített várható érték felírható $m' = \lambda\bar{x} + (1-\lambda)m$ alakban, ahol nyilván $\lambda \in [0,1]$. Ez azt jelenti, hogy m' az m és \bar{x} konvex lineáris kombinációja, ha λ változik 0-tól 1-ig, akkor m' értéke változik m -től \bar{x} -ig. Vegyük észre, a következőket:

Ha nem végzünk egyetlen megfigyelést sem, akkor $\lambda = 0$, és $m' = m$.

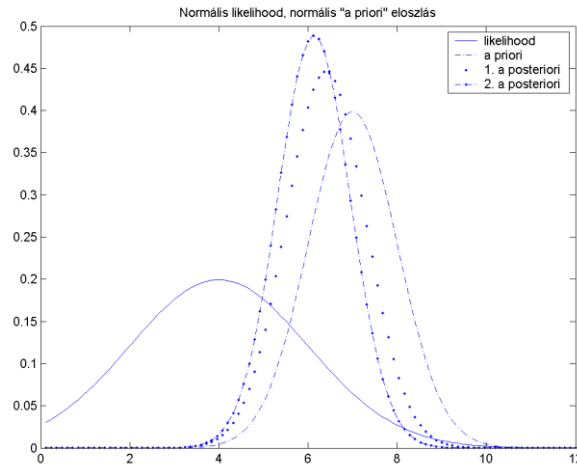
Ha a mérések, megfigyelések számát növeljük, akkor λ értéke növekszik, $n \rightarrow \infty$ esetén $\lambda \rightarrow 1$, és ekkor $m' \rightarrow \bar{x}$. Felhívjuk a figyelmet, hogy ez éppen a várható érték 2.5. pontban levezetett maximum likelihood becslése.

$n \rightarrow \infty$ esetén $s'^2 \rightarrow 0$, tehát egyre pontosabb, egyre kisebb bizonytalansággal kapjuk a becslést a keresett paraméterre.

Ha az a priori eloszlás szórását „minden határon túl növeljük”, tehát $s'^2 \rightarrow \infty$, vagyis közelítünk az egyenletes eloszláshoz, akkor ugyancsak $m' \rightarrow \bar{x}$, tehát közelítünk a maximum likelihood becsléssel kapott értékhez. Ez annyit jelent, hogy minél nagyobb az a priori eloszlás szórása, annál kisebb hatással van az a posteriori eloszlásra. Határesetben azt mondhatjuk, hogy semmi hatással nincs rá, mert a maximum likelihood becslés lehet a kiinduló paraméterérték, amely eszerint nem változik meg a jelzett körülmények között.

Az eljárás ezek után az, hogy a fentiekben vázolt eljárást ismételjük, valahányszor csak új adatok birtokába jutunk, illetve ahányszor szükségesnek látszik. A módszer előnye matematikai szempontból az, hogy az a priori eloszlás paramétereiről az a posteriori eloszlás paramétereire való áttérés minden lépésben ugyanazzal a formulával adható meg, tehát az eljárás könnyen kivitelezhető, nem okoz matematikai nehézségeket.

Tekintsünk egy példát. Tegyük fel, hogy egy vizsgált mennyiség normális eloszlású, melyre vonatkozólag végeztünk egy megfigyelést, melynek értéke $x = 4$. Egyetlen mérés esetén természetesen ez tekintendő átlagértéknek, azaz a likelihood eloszlás várható értékének. Tegyük fel, továbbá, hogy a szórás adott, legyen ez $\sigma = 2$. Tegyük fel, hogy a várható értéket (az ismeretlen paramétert), mint valószínűségi változót szintén normális eloszlással modellezzük. Tegyük fel, hogy a várható értéket $m = 7$ várható értékkel és $s = 1$ szórással adott paraméterekkel írjuk le, az a priori eloszlás tehát $N(7, 12)$. Ha a fentiek alapján frissítjük az eloszlást, $N'(6,4; 0,892)$ a posteriori normális eloszlást kapjuk. Az eljárás ismételhető, az első lépésben kapott $N'(6,4; 0,892)$ eloszlás úgy kezelhető, mint az a priori eloszlás, tehát ismételten frissíthető. Tegyük fel ennek érdekében, hogy egy újabb megfigyelést végeztünk, melynek értéke $x' = 4,8$. A második lépésben kapott a posteriori eloszlás: $N''(6,13; 0,812)$. Az eljárást grafikusán szemléltettük a 2. ábrán.



2. ábra: Normális *a priori* eloszlás és normális likelihood függvény esetén az *a posteriori* eloszlások alakulása két lépésben

Amit hangsúlyoznunk szükséges, az eljárás ismételt alkalmazása során egyrészt az, hogy az *a posteriori* eloszlások egyre „közelebb” kerülnek a kezdeti megfigyelés eloszlásához, valamint az, hogy az eljárás ismétlése során a szórás csökken, tehát a becslés bizonytalansága is csökken.

Tegyük fel a vizsgált mennyiséggel kapcsolatban egy konkrét kérdést, és vizsgáljuk meg, hogyan függ a kérdésre adott válasz az *a posteriori* becslésektől. Kérdezzük a következőt: Mi a valószínűsége, hogy a valószínűségi változó értéke az]5, 6[intervallumba esik?

1. Az *a priori* becslés alapján:

$$P(5 < x < 6) = \Phi\left(\frac{6-7}{1}\right) - \Phi\left(\frac{5-7}{1}\right) = \Phi(-1) - \Phi(-2) = \Phi(2) - \Phi(1) = 0,9772 - 0,8413 = 0,1359$$

2. Az első *a posteriori* becslés alapján:

$$P(5 < x < 6) = \Phi\left(\frac{6-6,4}{0,89}\right) - \Phi\left(\frac{5-6,4}{0,89}\right) = \Phi(-0,44) - \Phi(-1,57) = \Phi(1,57) - \Phi(0,44) = 0,2718$$

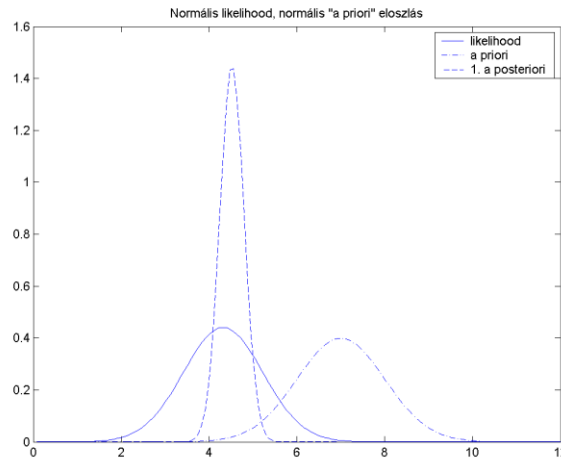
3. A második *a posteriori* becslés alapján:

$$P(5 < x < 6) = \Phi\left(\frac{6-6,13}{0,81}\right) - \Phi\left(\frac{5-6,13}{0,81}\right) = \Phi(-0,16) - \Phi(-1,39) = \Phi(1,39) - \Phi(0,16) = 0,3541$$

Ha csak kevés adat áll rendelkezésre, csekély számú megfigyelésre van csak lehetőség, ezt az eljárást lehet követni. Ha azonban több adattal rendelkezünk, az általánosabb összefüggéseket használhatjuk és természetesen pontosabb eredményt kapunk.

Induljunk ki a következő, nagyság szerint sorba rendezett adatsorból: 3,0; 3,3; 3,6; 4,0; 4,2; 4,4; 4,5; 4,9; 5,5; 5,8. Tegyük fel, hogy erre az $n = 10$ adatból álló statisztikai mintára normális eloszlást szeretnénk illeszteni. Élünk egy a priori feltevessel majd az adatok alapján frissítjük a becslést. Az összehasonlítás érdekében tegyük fel, hogy az *a priori* eloszlás ugyancsak $N(7, 12)$ normális eloszlás, mint az előző példában. Az adatsor alapján a mintaátlag $\bar{x} = 4,32$, a korrigált empirikus szórás pedig $s^* = 0,9053$. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy egyetlen adat esetén kénytelenek vagyunk preconcepciókkal élni a szórásról, több adat esetén viszont már becslés adható az ismeretlen paraméterre. Bár hangsúlyozzuk, hogy ismét a várható értéket tekintjük modellezendő paraméternek. Ha a levezetett formulák alapján frissítjük a várható értéket és a szórásnégyzetet, akkor kapjuk az *a posteriori* eloszlás

paramétereit: $m' = 4,5230$; $s' = 0,2752$. Már ebből a két adatból is érzékelhető, hogy milyen jelentős hatása van annak, hogy nem egyetlen adatból indulunk, ami még szembetűnőbb, ha ebben az esetben is szemléltetjük a három érintett eloszlást a 3. ábrán.



3. ábra: Normális *a priori* és normális likelihood eloszlás esetén az *a posteriori* eloszlások több adat birtokában

Az egyik lényeges eltérés, hogy a likelihood eloszlás sokkal koncentráltabb. A szórás a felére csökkent, bár világosan kell látni, hogy egyetlen adatból nem lehet szórást becsülni. A második pedig az, hogy az *a priori* eloszlásnak sokkal kisebb hatása van az *a posteriori* eloszlásra, mint az előző esetben. Több adat felhasználása esetén tehát egyre kevésbé érvényesül a modellezésnél elkerülhetetlen szubjektivitás. Az *a posteriori* eloszlás sokkal jobban koncentrálódik a mérési adatokra, mint egy adat esetén. Végezetül vizsgáljuk meg, hogy hogyan alakul az $]5, 6[$ intervallumba esés valószínűsége:

1. Az *a priori* becslés alapján:

$$P(5 < x < 6) = \Phi\left(\frac{6-7}{1}\right) - \Phi\left(\frac{5-7}{1}\right) = \Phi(-1) - \Phi(-2) = \Phi(2) - \Phi(1) = 0,9772 - 0,8413 = 0,1359$$

2. Az *a posteriori* becslés alapján:

$$P(5 < x < 6) = \Phi\left(\frac{6-4,52}{0,27}\right) - \Phi\left(\frac{5-4,52}{0,27}\right) = \Phi(5,48) - \Phi(1,77) = 1 - 0,9616 = 0,0384$$

A mérések, megfigyelések hatása igen szembetűnő. Az *a posteriori* becslés sokkal közelebb van a maximum likelihood becsléssel kapott eloszláshoz – a hangsúly természetesen csak a várható értéken van –, továbbá éppen ellentétes értelmű hatása van az *a posteriori* eloszlásnak a kérdéses valószínűsége, ha egy egész „adatsor” van a birtokunkban, mintha csak egyetlen adatra támaszkodunk. Ez a hatás természetesen erősen függ az *a priori* eloszlás megválasztásától. Ennek a kérdésnek a részletes elemzésére kitérünk a 4. pontban.

AZ A PRIORI ELOSZLÁS HATÁSA

Vizsgáljuk meg kvantitatív módon, hogy a hiperparaméterek különböző értékei milyen módon befolyásolják az *a posteriori* eloszlást.

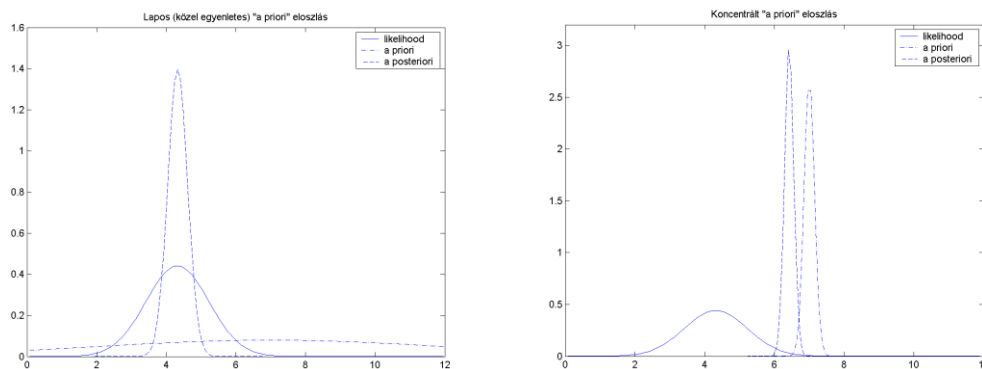
Tekintsük elsőként a 3. pontban tanulmányozott normális eloszlást, amikor mind a likelihood függvény, mind az *a priori* eloszlás normális eloszlás. Idézzük fel az eredményt, miszerint ha az *a priori* eloszlás m és s^2 hiperparaméterekkel adott normális eloszlás, azaz $N(m; s^2)$, akkor az *a posteriori* eloszlás is normális eloszlás, $N(m'; s'^2)$, ahol a frissített paraméterek:

$$m' = \frac{ns^2}{\sigma^2 + ns^2} \bar{x} + \frac{\sigma^2}{\sigma^2 + ns^2} m; \quad s'^2 = \frac{\sigma^2 s^2}{\sigma^2 + ns^2} \quad (19)$$

Vizsgáljunk meg két szélsőséges esetet.

1. eset: Elsőként tegyük fel, hogy a modellezett paraméterekről nincs kellő mennyiségű információnk. Ekkor célszerű egyenletes eloszlással modellezni a $\theta = \mu$ paramétert. Ha ezt normális eloszlással írjuk le, egzakt egyenletes eloszlás nem létezik, de jó közelítéssel megkapható, ha az s szórást „minden határon túl” megnöveljük. Az eloszlás a vizsgált paramétertartományon kellően „lapossá” tehető így. Ha viszont $s \rightarrow \infty$, akkor jól láthatóan m' előállításában szereplő első tagban a tört 1-hez tart, a második tagban a tört viszont 0-hoz tart, azaz $m' \rightarrow \bar{x}$. Idézzük fel, hogy az \bar{x} mintaátlag éppen a modellezett μ paraméter maximum likelihood becslése, amit a Bayes-tételtől független megfontolások alapján használunk a μ közelítésére. Ebben az esetben tehát az a priori eloszlás hatástalan.

2. eset: A másik szélsőséges eset, amikor $s \rightarrow 0$, tehát az a priori eloszlás az m pontra koncentrálódik, amikor jól láthatóan $m' \rightarrow m$. Ebben a határesetben az a priori eloszlás hatása olyan erős, hogy gyakorlatilag „eltűnik” a likelihood modell a számításokból. Az a priori eloszlás annyira domináns, hogy a modellezett paraméter értéke lényegileg nem változik a frissítés során, az a posteriori eloszlás ugyanazt a paramétert szolgáltatja.



a) „lapos” a priori

b) koncentrált a priori

4. ábra: Az a priori normális eloszlás szórásának hatása az a posteriori eloszlásra

A mondottakat illusztrálja a 4. ábra, amely a 3. pontban már vizsgált $n = 10$ elemű statisztikai mintára támaszkodik. A két ábra között a különbség csak abban áll, hogy az a) ábrán $N(7; 5)$, a b) ábrán pedig $N(7; 0,15)$ a priori eloszlást alkalmaztunk. Az a) esetben tehát közelítettünk az egyenletes eloszláshoz, a b) esetben pedig az eloszlás erősen koncentrálódik az $m = 7$ pontra. Az a posteriori eloszlások rendre a következők: $N(4,3288; 0,28582)$ illetve $N(6,4227; 0,13292)$. A likelihood eloszlás mindkét esetben: $N(4,3200; 0,9053)$.

DÖNTÉSHOZÁS A BAYES-ELMÉLET KERETEI KÖZÖTT

A 2-4. pontokban azzal a kérdéssel foglalkoztunk, hogy hogyan lehet a kockázatelemzés során a kockázat kifejezésében szereplő valószínűségeket kiszámítani, illetve a Bayes-elmélet alkalmazásával a birtokunkba jutott információk alapján ezeket aktualizálni. Az alábbiakban azzal a kérdéssel foglalkozunk – a bemutatott módszerek alkalmazásaképpen –, hogy ha egyszerre több modellt vizsgálunk, hogyan lehet ezek szimultán figyelembevételével döntést hozni nemkívánatos eseményekkel kapcsolatban, illetve azt vizsgáljuk, hogy erre az ítéletre milyen hatással van a Bayes-féle elmélet.

1. példa: Tegyük fel kiindulópontként, hogy semmiféle megfigyelésből származó adat nem áll rendelkezésre, csak az a modell, amellyel a nemkívánatos eseményt leírjuk, tehát a likelihood függvény. Tegyük fel, hogy egy bizonyos esemény kapcsán felmerül két lehetőség, két scenárió, ami két likelihood függvénnyel írható le. A kérdés az, hogyan tudunk dönteni az eseménnyel kapcsolatosan, hogyan dönthető el, hogy melyik scenárió valósult meg. Ha csak a likelihood függvényre támaszkodunk, akkor a 4. pont alapján kijelenthetjük, hogy olyan a posteriori eloszlásokat kell vizsgálnunk, összehasonlítanunk, amelyek az egyenes a priori eloszlásból származtathatók. A hivatkozott pontban megmutattuk, hogy ilyen esetben az a posteriori eloszlás lényegileg egybeesik a likelihood függvénnyel, ez a „nem informatív” modell.

Példaképpen tegyük fel, hogy egy robbantásos cselekménnyel kapcsolatos eseményt vizsgálunk. A két szóba jöhető scenárió legyen a következő: robbantás 25kg illetve 50kg TNT-ekvivalens hagyományos robbanótöltettel. Az egyik esetben szóba jöhet egy motorkerékpáros elkövető, a másik esetben pedig egy személyautó, mint célba juttató eszköz. Mindkét esetben feltesszük, hogy a robbanótöltet mennyisége normális eloszlást követ, ami a megszokott feltételezés. Feltesszük továbbá, hogy az első esetben a szórás $\sigma_1 = 10$ kg a második esetben pedig $\sigma_1 = 15$ kg. A kérdés az, hogy ha bekövetkezik egy robbantásos esemény, akkor hogyan tudunk dönteni abban a kérdésben, hogy melyik scenárió következett be. Ebben a pontban további adatok hiányában adunk becslést erre a kérdésre. Ez a kérdés alapvető fontosságú a 2. pontbeli vizsgálatok, konkrétan az 1-3. táblázatok adatainak meghatározása szempontjából.

Induljunk ki a Bayes-tételből. A 2. pontbeli jelöléseket alkalmazva legyen S a sikeres esemény, F_1 és F_2 pedig jelentse azt, hogy rendre az 1. illetve a 2. scenárió szerint hajtották végre a cselekményt. A számítások szempontjából alapvető a likelihood függvény:

$$f(S|\text{scenárió}) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi}10} \exp\left(-\frac{(x-25)^2}{2 \cdot 10^2}\right); \text{ha scenárió} = F_1 \\ \frac{1}{\sqrt{2\pi}15} \exp\left(-\frac{(x-50)^2}{2 \cdot 15^2}\right); \text{ha scenárió} = F_2 \end{cases} \quad (20)$$

Adatok hiányában ez tartalmazza az összes információt, ez írja le az összes ismeretünket a problémával kapcsolatban. A kérdésre adandó válasz nyilvánvalóan azon múlik, hogy a $P(F_1|S)$ illetve a $P(F_2|S)$ feltételes valószínűségek hogyan viszonyulnak egymáshoz. Ha $P(F_1|S) > P(F_2|S)$ akkor természetesen úgy döntünk, hogy az F_1 scenárió következett be, és értelemszerűen a fordított esetben az F_2 a döntés, illetve – ami a Bayes-elmélet nagy előnye –, mindkét scenárióról lesz információnk megfelelő súlyok, valószínűségek figyelembevételével. A válasz – tekintettel arra, hogy a $P(F_i|S); (i=1,2)$ valószínűségek a posteriori valószínűségek –, a Bayes-tétellel adódik:

$$P(F_1|S) = \frac{P(S|F_1)P(F_1)}{P(S)}; P(F_2|S) = \frac{P(S|F_2)P(F_2)}{P(S)} \quad (21)$$

Matematikai szempontból itélve a probléma abban áll, hogy a kérdésre adandó válasz diszkrét eloszlást jelent, a likelihood függvények azonban folytonos függvények. Diszkretizálnunk kell tehát az eloszlást. Erre nyilvánvalóan kínálkozik az a lehetőség, hogy a likelihood függvények értékét hasonlítjuk össze. A kérdéses egyenlőtlenség ekkor a következő:

$$\left(\frac{P(S|F_1)P(F_1)}{P(S)} \right) \underset{>}{<} \left(\frac{P(S|F_2)P(F_2)}{P(S)} \right) \text{ azaz } \left(P(S|F_1)P(F_1) \right) \underset{>}{<} \left(P(S|F_2)P(F_2) \right) \quad (22)$$

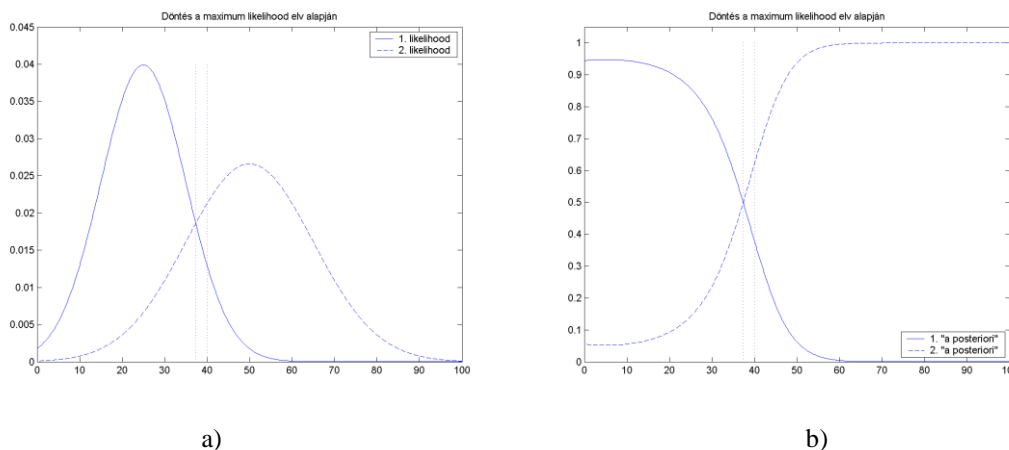
Ha figyelembe vesszük a likelihood függvény alakját, az egyenlőtlenség a következő alakot ölti:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}10} \exp\left(-\frac{(x-25)^2}{2 \cdot 10^2}\right) \cdot P(F_1) \underset{>}{<} \frac{1}{\sqrt{2\pi}15} \exp\left(-\frac{(x-50)^2}{2 \cdot 15^2}\right) \cdot P(F_2) \quad (23)$$

Tekintettel arra, hogy ebben a pontban azt vizsgáljuk, milyen döntést hozhatunk, ha nincs lényeges a priori információnk, az egyenletes eloszlást tételezzük fel: $P(F_1) = P(F_2) = \frac{1}{2}$. Ekkor az kapjuk, hogy a vizsgálandó egyenlőtlenség a következőre redukálódik:

$$\frac{1}{10} \exp\left(-\frac{(x-25)^2}{2 \cdot 10^2}\right) \underset{>}{<} \frac{1}{15} \exp\left(-\frac{(x-50)^2}{2 \cdot 15^2}\right) \quad (24)$$

A döntés a scenáriót illetően azon múlik, hogy tekintetbe véve egy adott x értéket, melyik függvény értéke a nagyobb. Ez a maximum likelihood elv alapján hozott ítélet a kérdést illetően. Az egyenlőtlenség megoldása egyszerűbb, ha szemléltetjük az egyenlőtlenség két oldalán álló függvényeket egy koordinátarendszerben. Ez látható az 5.a) ábrán.



5. ábra: Döntés a maximum likelihood elv alapján

Világos, hogy a kérdésre adandó válasz azon múlik, hogy a két görbének milyen abszcisszájánál van a metszéspontja. Ez könnyen adódik, ha a két függvényt egyenlővé tesszük, majd képezzük mindkét oldal logaritmusát:

$$\ln\left(\frac{1}{10}\right) - \frac{(x-25)^2}{2 \cdot 10^2} = \ln\left(\frac{1}{15}\right) - \frac{(x-50)^2}{2 \cdot 15^2} \quad (25)$$

Ez egy egyszerű másodfokú egyenlet, amelynek adott esetben a közelítő megoldása $x_0 = 37,3$. Ennél az abszcisszájánál szerepel az ábrában egy függőleges egyenes szakasz, amely a döntésben alapvető szerepű. Eszerint, ha a megfigyelésünk szerint $x < 37,3$ akkor ítéletünk szerint az F_1 ha pedig $x > 37,3$ akkor az F_2 scenárió következett be nagyobb valószínűséggel. Természetesen kijelentésünk nem kategorikus, mindkét esemény bekövetkezését tekintetbe vehetjük egy-egy súllyal, a bekövetkezés valószínűségével, amely arányos egy adott x -hez tartozó ordinátákkal.

A következő pontbeli vizsgálatok okán még szerepel az ábrában az $x = 40$ érték is. Ez a gyakorlat szempontjából jelentheti azt, hogy tudomásunkra jut egy robbantásos cselekmény, amelyet 40kg TNT-ekvivalens töltettel követtek el. A kérdés az, hogy motorkerékpárral vagy személyautóval juttatták célba. Mivel az $x = 40$ helyen az F_2 -nek megfelelő likelihood függvény értéke nagyobb, az ítéletünk az, hogy $x = 40$ esetben az F_2 szcenárió szerint történt az esemény nagyobb valószínűséggel. Tanulságos még az 5.b) ábra is, ahol minden szóba jöhető x érték esetén szemléltettük az a posteriori valószínűségeket:

$$P(F_1|S) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}10} \exp\left(-\frac{(x-25)^2}{2 \cdot 10^2}\right) \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}10} \exp\left(-\frac{(x-25)^2}{2 \cdot 10^2}\right) + \frac{1}{\sqrt{2\pi}15} \exp\left(-\frac{(x-50)^2}{2 \cdot 15^2}\right) \right]^{-1}$$

$$P(F_1|S) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}15} \exp\left(-\frac{(x-50)^2}{2 \cdot 15^2}\right) \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}10} \exp\left(-\frac{(x-25)^2}{2 \cdot 10^2}\right) + \frac{1}{\sqrt{2\pi}15} \exp\left(-\frac{(x-50)^2}{2 \cdot 15^2}\right) \right]^{-1}$$

Mivel ezek a valószínűségek – ellentétben a likelihood függvénnyel – eloszlást alkotnak, minden x érték esetén ezen függvényértékek összege egzaktul egy. A b) ábrán a „döntési határ” az az abszcissa, ahol mindkét függvény a 0,5 értéket veszi fel, amely – természetesen – egybeesik az 5.a) ábrán levő görbék metszéspontjának abszcisszájával. Világos, hogy az $x = 40$ értékhez tartozó függvényértékek összehasonlítása ugyanarra a következtetésre vezet.

2. példa: Az előző pontbeli vizsgálatokat terjesszük ki arra az esetre, amikor rendelkezésünkre áll lényeges a priori információ, azaz olyan eloszlás amely különbözik a

$P(F_1) = P(F_2) = \frac{1}{2}$ egyenletes eloszlástól. Ebben az esetben a likelihood függvények nem változnak, tehát az 5.a) ábra ebben az esetben is hűen adja a likelihood modellt, azonban az a posteriori eloszlás különbözik az 5.b) ábrán láthatótól. Ha az a priori eloszlást az egyszerűség kedvéért p_1 és p_2 jelöli, akkor azt kapjuk, hogy a vizsgálandó egyenlőtlenség az

$$\frac{1}{10} \exp\left(-\frac{(x-25)^2}{2 \cdot 10^2}\right) \cdot p_1 \stackrel{<}{>} \frac{1}{15} \exp\left(-\frac{(x-50)^2}{2 \cdot 15^2}\right) \cdot p_2 \quad (26)$$

alakot ölti. A döntéshez szükséges határpont meghatározásához adódó egyenlet logaritmált alakja pedig a következő:

$$\ln\left(\frac{1}{10}\right) - \frac{(x-25)^2}{2 \cdot 10^2} + \ln(p_1) = \ln\left(\frac{1}{15}\right) - \frac{(x-50)^2}{2 \cdot 15^2} + \ln(p_2) \quad (27)$$

A probléma matematikai szempontból lényegében nem változott, ez úgyszintén egy másodfokú egyenlet, amelynek megoldása nyilvánvalóan függ az a priori eloszlástól, tehát az előzőtől eltérő megoldást kapunk. Az a posteriori eloszlás pedig az alábbi formulákkal adott:

$$P(F_1|S) = \frac{p_1}{\sqrt{2\pi}10} \exp\left(-\frac{(x-25)^2}{2 \cdot 10^2}\right) \cdot \left[\frac{p_1}{\sqrt{2\pi}10} \exp\left(-\frac{(x-25)^2}{2 \cdot 10^2}\right) + \frac{p_2}{\sqrt{2\pi}15} \exp\left(-\frac{(x-50)^2}{2 \cdot 15^2}\right) \right]^{-1}$$

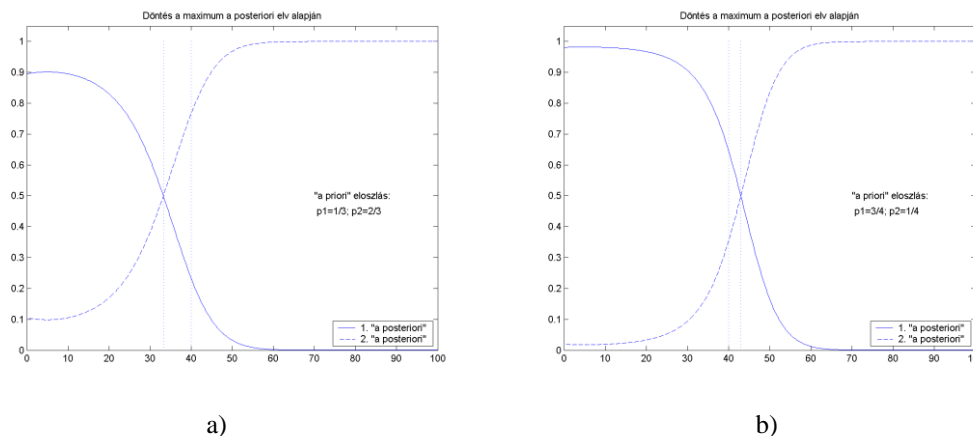
$$P(F_1|S) = \frac{p_2}{\sqrt{2\pi}15} \exp\left(-\frac{(x-50)^2}{2 \cdot 15^2}\right) \cdot \left[\frac{p_1}{\sqrt{2\pi}10} \exp\left(-\frac{(x-25)^2}{2 \cdot 10^2}\right) + \frac{p_2}{\sqrt{2\pi}15} \exp\left(-\frac{(x-50)^2}{2 \cdot 15^2}\right) \right]^{-1}$$

Vizsgáljunk meg a következtetések szempontjából két esetet.

1. eset: Az első esetben tegyük fel, hogy megfigyelések, adatgyűjtés eredményeképpen kiderült, hogy az egyes scenáriók valószínűsége, tehát az a priori eloszlás a következő:

$p_1 = \frac{1}{3}; p_2 = \frac{2}{3}$. Ebben az esetben azt kapjuk, hogy a döntéshozást befolyásoló határérték: $x_0 = 33,4$. Ez azt jelenti, hogy ha $x < 33,4$ akkor az F1 scenáriót tekintjük nagyobb valószínűséggel bekövetkezettnek, ha viszont $x > 33,4$ akkor az F2-t. Ha egy megfigyelés során kapott érték $x = 40$, akkor eszerint a 2. scenárió következett be.

2. eset: Második példaként tegyük fel, hogy $p_1 = \frac{3}{4}; p_2 = \frac{1}{4}$. Ekkor $x_0 = 42,9$. A helyzet értékelése – értelemszerű módosítással –, azonos az 1. példabelivel. Egy lényeges különbségre azonban rámutatunk. Az $x = 40$ esemény bekövetkezése most arra a következtetésre vezet – ellentétben az 1. példabeli döntéstől –, hogy az F1 scenárió szerint történt az esemény. A mondottakat szemlélteti a 6. ábra, ahol csak az a posteriori eloszlásokat szemléltettük, hiszen – mint már hangsúlyoztuk –, a likelihood függvények nem különböznek az 1. példabelitől.



6. ábra: A „maximum a posteriori” döntés szemléltetése különböző a priori eloszlások esetén

Ha tekintetbe vesszünk az egyenletes eloszlástól különböző a priori eloszlást, és a döntést – a likelihood függvény figyelembe vétele mellett – az a posteriori eloszlások összehasonlítása alapján végezzük, amikor is azt a scenáriót tekintjük bekövetkezettnek, amelyikhez nagyobb a posteriori valószínűség tartozik, maximum a posteriori elv alapján hozott döntésnek nevezzük. A fentiekben elemzett egyszerű példákon keresztül ennek alkalmazását szándékoztuk bemutatni.

KÖVETKEZTETÉS

A fentiekben bemutatott, hogy a kockázatelemzés valószínűségi szemléletű tárgyalására alkalmas eszköz a Bayes-féle elmélet. Kiváló elméleti keret az egyes scenáriók bekövetkezésének valószínűségi becslésére mind abban az esetben, ha nincs a birtokunkban megfigyelésekből származó adat, csak modellfeltevés, mind akkor, ha rendelkezünk megfigyelésből származó adatokkal. Ez utóbbi esetben az eloszlások frissítésére, adataink aktualizálására igen alkalmas eszköz. Az elmélet további előnye, hogy ez a frissítési, aktualizálási lépés tetszőlegesen sokszor ismételhető, minden alkalommal, valahányszor újabb adatok birtokába kerülünk. Az elmélet a maximum a posteriori elv alapján a döntéshozásban is alkalmazható, amennyiben lehetséges alternatívák közötti választás lehetősége áll fenn. A Bayes-analízis módszereit – terjedelmi korlátok miatt – csak normális eloszlás esetén mutattuk be, azonban hangsúlyozzuk, hogy gyakorlatilag tetszőleges valószínűségi változó

esetében adaptálható, ezáltal lehetőséget biztosít bármilyen természetű, valószínűségi változóval leírható esemény vizsgálatára.

FELHASZNÁLT IRODALOM:

1. Ezell, Bennett, Winterfeldt, Sokolowski, Collins: Probabilistic Risk Analysis and Terrorism Risk. Risk analysis, Vol. 30, No.4, 2010.
2. Bier, V.M., Mosleh, A.: The subjective Bayesian approach to Probabilistic Risk Assessment. Reliability Engineering and System Safety 23 (1988) 269-275.
3. Elisabeth Paté-Cornell, Seth Guikema: Probabilistic Modelling of Terrorist Threats: A System Analysis Approach to Setting Priorities Among Countermeasures. Military Operations Research. Vol. 7, No. 4, pp. 5-20. 2002
4. Seth D. Guikema, Terje Aven: Assessing risk from intelligent attacks: A perspective on approaches. Reliability Engineering and System Safety 95 (2010) 478-483.
5. Mark G. Stewart, Michael D. Netherton: Security risks and probability risk assessment of glazing subjects to explosive blast loading. Reliability Engineering and System Safety 93 (2008) 627-638.
6. David B. Chang, Carl S. Young: Probabilistic Estimates of Vulnerability to Explosive Overpressures and Impulses. Journal of physical security 4(2), (2010) pp. 10-29

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások
„A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával
valósul meg.”

„The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing
of the European Social Fund.”

Dr. med. HERNÁD Mária¹

REPEZSÉRÜLÉSEK JELENTŐSÉGE ÉS MEGELŐZÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI²

ÖSSZEGZÉS: A robbantásos merényleteket, robbanásos baleseteket túlélő sérültek esetében leggyakoribbak a repeszek okozta lágyrész-sérülések, testüregbe hatoló sérülések és csonttörések. A repeszdarabok származhatnak magából a robbanótestből, illetve a robbanás hatására szétrepülő kőtörmelékéből, építőanyagokból vagy gépjármű alkatrészekből, de akár magából az öngyilkos merényletből is. A fragmentumok anyagától, méretétől, alakjától és sebességétől függően a legváltozatosabb következmények jöhetnek létre az emberi szervezetben, kritikus területeket érintve okozhatják a sérült halálát, rokkantságát. Előadásomban ezen mechanizmus okozta sérülések jellegzetességeiről, és az emberi test védelméről lesz szó.

Kulcsszavak: robbanás, repeszhatás, védőeszköz

BEVEZETÉS

A terrorizmus az utóbbi években reális veszéllyé vált, Magyarország nemzetközi szerepvállalásai során célpontja lehet a terroristáknak, akik legtöbbször robbantásos merénylettekkel akarják céljaikat elérni. [1] Az improvizált robbanótestek elleni harc egyik fontos területe a felderítés és megsemmisítés lehetőségeinek folyamatos fejlesztése, új típusú eszközök kidolgozása, az élő erő védelme. A világ hadseregei és fegyvergyártó cégei versenyben állnak a terroristák által alkalmazott egyre fejlettebb módszereivel.

Robbanás során a legsúlyosabb sérültek az epicentrumhoz közel helyezkednek el, ők általában a robbanási túlnyomás következtében fellépő elváltozások miatt meghalnak. A robbanás középpontjától távolabb a légnyomásváltozás már nem érvényesül akkora mértékben, viszont a robbanótestből és környezetéből származó fragmentumok akár több száz méterre képesek elrepülni és sérüléseket okozni. Összehasonlítva a különböző eredetű sebesüléseket, a harci bevetésekkor 15%-ban lövedékek és 85%-ban repeszek okozta sérülésekkel találkozunk az egészségügyi ellátás során. [2]

A testüregbe hatoló, esetleg nagyereket elszakító, nyakat, fejet érintő repeszek gyakran halálosak vagy maradandó rokkantságot is okozhatnak, ezért a hadiparban, a védőeszközök fejlesztése és gyártása során kiemelt figyelmet fordítanak a repeszvédelemre és ennek tesztelésére. A vietnami háború adatainak elemzésével kimutatták, hogy a halálos sérülések a testfelületen 47 %-ban a mellkason és a felső hasi részen, 44 %-ban a feji- és nyaktájékon található, míg a halált okozó sérülések mindössze 9 %-a esett a test egyéb tájaira, ezért elsődleges fontosságú a védősisakok és védőmellények alkalmazása.[2]

REPEZSEK KIALAKULÁSA

A repesz okozta sérüléseket magából a felrobbant robbanótestből származó (ún. elsődleges) vagy a robbanás által elrepített (ún. másodlagos) tárgyak okozzák. Lehetnek fém, fa- és üvegszilánkok, épületek darabjai, bútorok, kövek. Változó lehet a méretük és tömegük is millimétertől akár a több méteres darabokig, a pár grammtól a több tíz-száz kilogrammig. [3]

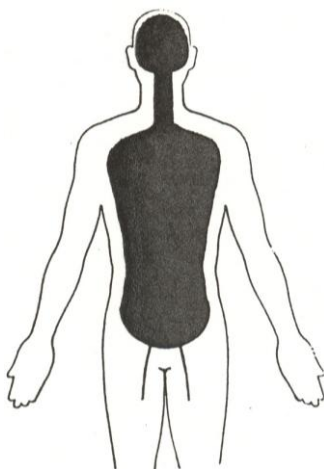
¹ MH 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Ezred

² Robbantástechnika (HU-ISSN 1788-5671) konferencia kiadványban megjelent cikk másodközlése, pp. 203-215

Sokszor a nagyobb hatás elérése érdekében mind a katonai robbanóeszközökbe (pl. 93M védő kézigránát, repeszaknák), mind a házilag gyártott eszközökbe repeszképző anyagokat (pl. acélgolyók) tesznek. Ezeket az anyagokat shrapnelnek nevezzük Henry Shrapnel után, aki kifejlesztette ezt a speciális katonai, kifejezetten az élőerő elpusztítására alkalmas fegyvert. [4]

A repeszhatás mértéke (a repesz kivetési távolsága) főleg a repesz kezdeti sebességétől, a túlnyomástól, a légellenállástól, a töltet és a szabad felület közötti távolságtól, a töltet méretétől, a közeg szakítószilárdságától és a repesz elmozdulás irányára merőleges felületétől és tömegétől függ. [5]

A szilánkok által okozott sérülések súlyosságát számos tényező határozza meg, ilyen tényező a szilánk mozgási energiája, a repesz alakja, sűrűsége, a becsapódás utáni széttöredezés valószínűsége, a szilánk forgása, de természetesen befolyásolja a sérülés helye és a területet fedő ruházat is. [3] A következő ábrán fekete színnel jelölve látható a test repeszek iránt legsérülékenyebb része.



1. ábra Az emberi test repeszhatással szemben kritikus felületei [3]

A szabálytalan alakú repeszek a testbe csapódás előtt átadhatják energiájuk nagy részét a környezetnek, így főleg a ruházatot, a bőrt károsítják, míg a hegyes szilánkok a test mélyébe hatolnak, akár át is mennek rajta. [6]

A testbe csapódás energiáját a repesz tömege és sebessége (szilánksebesség) határozza meg. Az elsődleges repeszek sebessége a katonai gyakorlatban elérheti a 2500 m/s-ot, a nem katonai célú robbantások esetén, illetve házilag gyártott bombák felrobbantásakor a repeszek kezdeti sebessége ennek kb. fele-kétharmada. A másodlagos repeszek sebessége általában alacsony, de ezek is súlyos sérüléseket okozhatnak. [3,7]

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

1. táblázat Súlyos sérülés kialakulásának határértékei a repesz tömegének függvényében repeszbecsapódást követően [8]

REPESZEK OKOZTA SÉRÜLÉSEK JELLEGZETESSÉGEI

A robbanásos sérülések kialakulásakor a következő patofiziológiai folyamatok lépnek fel:

- a bomba vagy robbanás okozta psychés trauma, extrém stressz-reakció;
- akusztikus trauma;
- a lökeshullám sújtó hatása /általános rázó hatás, nyomó hatás, lökő hatás/;
- barotrauma;
- mechanikai sérülések. [9]

A repeszek okozta sérülések mechanikai sérülések, igen változatos képet mutatnak, az osztályozás során, a mechanizmus alapján a másodlagos vagy másodrendű károsodások csoportjába tartoznak. A szövetkárosító hatás a nagyságuktól, alakjuktól, sűrűségüktől, a becsapódás helyétől és az utána bekövetkező széttöredezéstől, forgásuktól, a sérült ruházatától, de legfőképpen a mozgási energiától (tömeg és szilánksebesség) függ. Az általuk okozott elváltozások általában igen kiterjedtek, sokszor érintik a testüregeket, főleg védelem nélküli személyeken. Gyakoriak a csonttörések (medence, csigolyák, végtagi csontok), az ér- és idegsérülések, a testüregbe hatoló fragmentumok miatt a légmell, illetve a belső vérzések és a szemsérülések. Nem ritka a maradandó rokkantság sem. [6]

Sérülés	Előfordulás aránya
Lágyrész-repezssérülés	54,4%
Testüregbe hatoló repesz-sérülés	28,7%
Csonttörés	19%
Égés	14,3%
Amputáció	4,7%

2. táblázat Egészségügyi ellátás során a robbanás okozta sérüléscsoportok előfordulásának aránya [6]

Fej és nyak a testfelület kb. 12%-át adja, de a végzetes kimenetelű sérülések esetén ez a két testtájék szinte mindig érintett. Az agy viszonylag védett a koponyacsontok által, de a nagyenergiájú fragmentumok képesek áthatolni rajta. A szem különösen sérülékeny és sérülése rejtett is lehet, ha az apró fémszilánkok, üvegszilánkok kis vágást ejtve átjutnak az ínhártyán vagy a szaruhártyán, ezért mindig alaposan ellenőrizni kell. A szem súlyos károsodása lényegesen kisebb szilánksebesség esetén is bekövetkezhet (már 15 m/s-os becsapódásnál), mint a bőr esetében. A nyaki nagyerek védtelenek, átvágásuk a test gyors kivérzését eredményezi, ugyanígy sérülékeny a nyaki gerincoszlop, sérülése súlyos bénuláshoz, légzésbénuláshoz vezethet. [3,6,7]

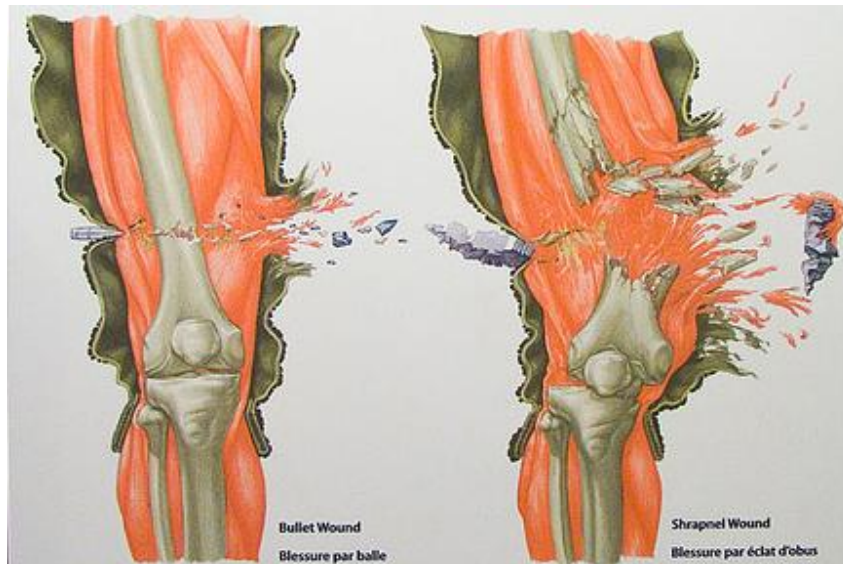
Mellkasba hatoló repeszek sérthetik a tüdőt, szívet, és a főereket, ami katasztrófális következménnyel járhat, de a mellkasfal kisebb megsértése esetén is kialakulhat légmell, vagy a mellhártya lemezei között vérzés indulhat meg, ezek az elváltozások gyors beavatkozás nélkül szintén halálosak lehetnek. [6,7]

A hasüreg területén a máj, lép, vesék sérülése súlyos vérzéssel járhat, néha a szerv eltávolítása vagy csonkolása szükséges, de átszakadhat a belek fala, és itt is érintettek lehetnek a több centiméter átmérőjű nagyerek. [6,7]



2. ábra Terrorista robbantás során sérült alsó végtag [10]

Végtagok esetében a lágyék és hónalj sérülékeny, mivel itt haladnak át a végtagot ellátó erek, idegek. Gyakoriak a többszörös, darabos vagy romos csonttörések, előfordulhat, hogy darabok hiányoznak a törött csontból, emellett a lágyrészek (izmok, inak, erek, idegek) is ronszolódnak, sokszor emiatt szükséges a sérült végtag amputálása. Kiterjedt lágyrészsérülésnél szövődményként rekesz-szindróma alakulhat ki. [6,7]



3. ábra Lőtt és repesz okozta végtagsérülés összehasonlítása, a repesz okozta sérülésnél kiterjedt ronszolás alakul ki [11]

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

3. táblázat Sérült testtájak aránya a különböző háborúkban az USA haderejében [6]

Másodlagos repeszként viselkedhetnek a helyszínen tartózkodó emberek, állatok maradványai is, pl. öngyilkos merénylőből származó csontdarabok, amelyek betegségeket hordozhatnak, ezáltal a sérültet is megfertőzhetik súlyos vagy halálos megbetegedések kórokozóival pl. HIV vírussal. Az IED-k biológiai fegyverekkel (pl. anthrax spórákkal) történő megtöltésének valószínűsége sem elhanyagolható. A robbanás okozta repesz-sérülések kiterjedt ronszolással

járnak, erősen szennyezettek, amely jó táptalajt jelent a kórokozóknak, gyakoriak a sebfertőzések. [6]

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

A repeszszérülés gyakran kombinálódik égéssel, mivel főleg az elsődleges fragmentumok magas hőmérsékletűek. A robbanás környezetéből származó üveg- és faszilánkok megtalálása sokszor nehézséget okoz, mivel a röntgensugárzás nem mutatja ki, és a roncsolt szövetek között is nehezen észrevehetőek. A bennmaradó fragmentumok vándorolhatnak a szervezetben, hónapokkal, évekkel később újra sérülést, érelzáródást okozva. Minél közelebb van a test az epicentrumhoz annál valószínűbb, hogy súlyos, többszörös, áthatoló a sérülés. [6]

Osztályozás	Mechanizmus	Érintett szervek	Sérülések
Elsőrendű robbanásos sérülés	robbanási túlnyomás, barotrauma	- Levegővel telt üreges szervek (tüdő, gyomor-bélrendszer, középfül) - A levegővel tel szervek mellett elhelyezkedő szolid szervek (szív, lép, máj, vese) - Nagyerek	- Tüdő barotrauma - Dobhártya perforáció - Gyomor-bélrendszer perforáció, vérzés - Szemgolyó repedés - Agyzúzódás a fej sérülésének külső jele nélkül - Máj, lép ill. vesék leszakadása - Szívzúzódás - Nagyerek szakadása - Légembólia
Másodrendű robbanásos sérülés	repszhatás	- Bármely szerv érintett lehet	- Zúzódások, törések testszerte - Áthatoló sérülés a szemén, koponyán, mellkason, hason, medencén
Harmadrendű robbanásos sérülés	hirtelen gyorsulás-lassulás, a test ütközése	- Bármely szerv érintett lehet, elsősorban fej, nyak, végtagok	- Zárt fejsérülés - Nyaki csigolyatörés - Traumás végtagsérülés;
Negyedrendű robbanásos sérülések	hőhatás, toxikus gázok	- Bőr, szem - Légutak, tüdő	- Égés - Légúti égés - Mérgezés
Kísérő tünetek	stressz	- Szisztémás válasz a traumára	- Angina - Hypertonia - Hyperglycemia - Asthma

4. táblázat A robbanás okozta sérülések osztályozása [6,9,12]

A teljes szervezetet érintő súlyos szövődmény a crush-szindróma. Lényege a szövetkárosodás, melynek következtében toxikus anyagok szaporodnak fel a vérben, akut veseelégtelenség alakul ki. [9]

A kezelést és a prognózist alapvetően a kialakult sérülések, a sérült általános állapota, előzetes betegségei határozzák meg. A halál általában a testüregbe hatoló repeszek miatti vérzések, a nagyerek sérülése vagy az idegrendszeri károsodások miatt következik be. [9]

AZ ÉLŐERŐ VÉDELME A REPEZSÉRÜLÉSEKSEL SZEMBEN

A következőkben szeretném röviden bemutatni a katonák és más rendvédelmi szervek által a repeszhatással szemben alkalmazott eszközöket, kiemeltebb figyelmet fordítva az egyéni védőeszközök alapanyagára és a leghatékonyabb, a tűzszerészek által használt nehéz tűzszerész védőruhára, valamint a védelmi képesség tesztelésére.

Az élőerő védelmére alkalmazott kollektív védőeszközök

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

Az élőerő védelmét mozgás közben páncélozott járművekkel biztosítják, jelenleg a legmodernebb rendszeresített járművünk az MRAP (aknatámadás elleni védelemmel rendelkező) Cougar. Képesek megvédeni a benne ülő személyeket a kiskaliberű lövedékek, kisméretű robbanólövedékek, az irányított rakétameghajtású gránátok és az improvizált robbanóeszközök ellen.[13]

A magyar Rába Jármű által kifejlesztett sebesültszállító speciális, terepjáró képességű, amely a NATO logisztikai járművekre vonatkozó normáin túl ballisztikai, repesz és akna elleni védeltséget is nyújt a sérült katonáknak és az őket ellátó egészségügyi szakembereknek. A páncélzatnak 20 milliméteres tűzérési repesztől és 6 kilogramm TNT-nek megfelelő robbanástól (futóművek alatt) is meg kell védenie a járműben ülőket.[14]



4. ábra Cougar tűzszerész jármű



5. ábra Rába páncélozott sebesültszállító gépjármű

Tábori erődítmények kialakításakor jól alkalmazható a HESCO bástya vagy „Hesco Bastion Concertainer” modul rendszer, amely egy szét- és összecsuható konténer, melyet horganyzott huzalból készítenek geotextília béléssel. Az elemekből tetszőleges falat, fedezéket, óvóhelyet és más szükség szerinti építményt lehet létesíteni, amely mind az embereket, mind a technikai eszközöket képes megvédeni a szétrepülő repesztől. [15] Szintén dróthuzalokból és geotextíliából álló repeszfogó hálót alkalmaznak építményrobbantásoknál.

Katonai védőeszközök

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

Katonai védőeszköz: kizárólag, illetve elsődlegesen katonai célra kifejlesztett, gyártott, hazai, illetve külföldi forrásból beszerzett és külön eljárással rendszeresített, a veszélyforrás kiküszöbölésére vagy annak károsító hatása csökkentésére szolgáló, a személyi állomány szolgálati, kiképzési feladatainak ellátásához használt, alkalmazott egyéni vagy kollektív védő funkciójú felszerelés, hadfelszerelési anyag, tárgy, eszköz (a honvédségi tűzoltó alegységek védő-felszerelésének kivételével).[16]

A katona harctéri védőeszközeinek a szabványoknak (5. táblázat) megfelelő védelmet kell nyújtania, ezen kívül komfortosnak kell lennie és biztosítania kell a katona mozgását különböző terepviszonyok között, ezen kívül egyes felszerelések is a védőöltözetben kapnak helyet. Részei a sisak, amely kombinálva lehet arcvédővel vagy védőszemüveggel, a testpáncél vagy a repeszálló, illetve a repesz- és lövedékálló mellény kiegészítő nyakvédővel, felkarvédővel, lágyékvédővel illetve combvédővel. Tűzszerészek számára került kifejlesztésre a könnyű, illetve a nehéz tűzszerész védőruha sisakkal.

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

- a létfontosságú szervek lövedék és repeszhatások elleni védelmét;
- a felderítés elleni védelmet, álcázást;
- kényelmes és praktikus viseletet;
- mozgékonyt;
- a természeti környezet behatásai elleni védelmet;
- szennyeződések elleni védelmet;
- felszerelések ruházaton történő elhelyezésének lehetőségét.[17]

A védőfelszerelések védőképességének vizsgálatokor a következő táblázatban összefoglalt szabványoknak kell eleget tenni.

Érvényesség	Szabvány
NATO	Stanag 2920
USA	NIJ 01.01.03/ NIJ 01.01.04 NIJ 2005 Interim NIJ 01.01.06. (draft)
Magyarország	MSZK 1114 1-2

5. táblázat Lövedék és repeszálló védőeszközök minősítése

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

Az egyéni védőeszközök alapanyagai

Védőeszközök tervezésénél figyelembe veszik az alapanyagok speciális tulajdonságait. A ballisztikai potenciál, az egyes anyagok ellenálló képessége, amelyet nagy energiájú testek behatolásával szemben fejtenek ki. Függ az anyag törési energiájától, az anyag sűrűségétől és rugalmassági modulusától. A jó ballisztikai potenciálú anyag nagy törési energiájú, nagy rugalmassági modulusú és kis sűrűségű. [2]

A lövedékek illetve a repeszek ellen védelmet biztosító úgynevezett harmadik generációs szálanyagok, mint a poliamid 6.6; aramid és nagyszilárdságú polietilén megjelenése a személyi és csoportos védelem számára újszerű és széleskörű felhasználási lehetőségek megvalósítását tette lehetővé.[2]

Ezen szálak legfontosabb jellemzői:

- mechanikai tulajdonságok:
 - nagy szakítószilárdság,
 - nagy szakító modulus,
 - kis sűrűség,
 - jó rezgéscsillapító képesség,
 - nagy energiaelnyelő képesség,
 - nagy szívósság,
 - alacsony kifáradási hajlam,
- vegyi tulajdonságok:
 - kiváló vegyszerállóság
- hőmérséklet érzékenység:
 - az aramidokat kiváló hőstabilitás kb. 450 °C-ig
 - magas hőmérsékletállóság,
 - alacsony hőtágulás,
 - alacsony hővezetés jellemzi,
 - a HPPE szálak már alacsony hőmérsékleten kb. 127 °C-on elveszítik mechanikai tulajdonságaik egy részét.
- elektromos jellemzők:
 - jó dielektromos tulajdonságok
 - textil jellemzők:
 - nagyfokú hajlékonyság,
 - jó kopásállóság,
 - jó komfort érzet. [2]

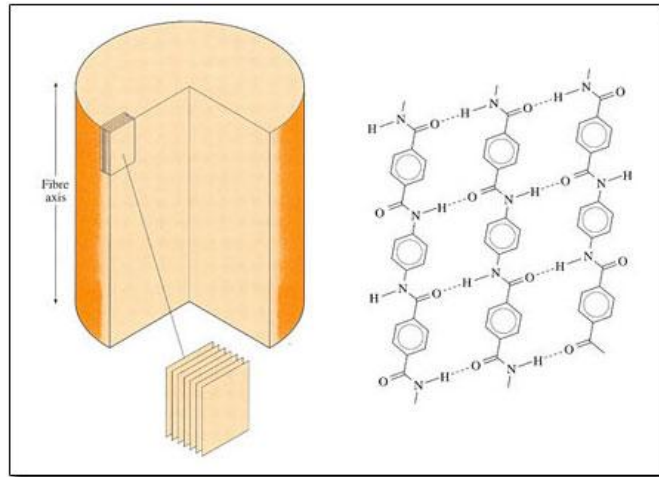
Alkalmazott száltípusok:

- nagy szilárdságú poliamid 6.6 szál (Nylon)

Általában huzatként vagy kevert formában alkalmazzák, vízlepergető, szennytaszító (stain resistant), penészesedésnek ellenálló, nagy szakítószilárdságú.

- aromás poliamidok, más néven aramidok, kémiai összetételüket tekintve többfélék lehetnek:
 - para-feniléndiamin-ftálsavamid (Kevlar, Twaron)
 - meta-feniléndiamin-ftálsavamid (Nomex)
 - semi-aromatic poliamid (Trogamid)

Általános jellemzőjük, hogy dinamikus terhelésnek igen jól ellenállnak, valamint a kiváló hőstabilitás, viszont UV-sugárzás hatására könnyek degradálódnak.



6. ábra Az aramid szálak szerkezete [18]

- polietilén (Dyneema, Spectra, Certran)

A Dyneema nagy súlyú polietilén óriásmolekula (HPPE) rendkívül rugalmas, nem fáradékony anyag, a hosszú lánc szerkezetnek köszönhetően jók a nyúlási adottságai. A szál hajlékonyságát nem befolyásolja a többszöri hajtogatás, UV sugárzás, vagy kopás, viszont a hő és lángállóság tekintetében szerényebb képességekkel rendelkezik.

A Spectra egy ultra nagy súlyú polietilén óriásmolekula (UHMWPE) kiváló UV ellenállású, szakító és feszítő szilárdsága igen nagy. Mindemellett hosszantartó terhelés alatt is tartósságot, és lassú, de folyamatos nyúlást mutat. Ez az évek során viszont alakváltozást okoz.

- karbonszálak

A karbonszálak szénatomokból álló szintetikus szálak, melyek érzéketlenek az UV-sugárzással szemben, viszont rugalmasságuk rendkívül alacsony, vezetik a hőt és az elektromosságot. Elsősorban összetett anyagoknál erősítőként alkalmazzák. [2,19,20]

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

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

Egyes termékeknél a védelmi képesség növelésére a ruházat külső felszínére kerámia vagy fémréteget visznek fel. A ruházaton kialakított zsebekbe kiegészítő védőbetéteket lehet tenni, amelynek fő összetevője a ballisztikai kerámia (alumínium-oxid, szilícium-karbid, bórkarbid), amelyet polimerekkel és üvegszálakkal rétegeznek, és epoxi- vagy fenolgyantákkal ragasztanak össze. [19]

Tűzszerész védőruha

A Magyar Honvédségben a repeszhatás elleni védelemre rendszeresített leghatékonyabb katonai védőeszköz, amelyet az improvizált robbanóeszközök elleni tevékenység végrehajtására fejlesztettek ki, az EOD-9 nehéz tűzszerész védőruha.

Részei a rövid felsőkabát magasított gallérral és ágyékvédő lappal, a lap visszahúzható, hogy a ruha guggoló helyzetben kényelmesebb legyen, a hátoldalán van felvezetve a sisakba a

csatlakozókábel, amelyen a kommunikáció történik. Több zseb található rajta a szerszámok, rádió és a folyadékellátó rendszer részére. A hosszú nadrágszárak teljes fedést nyújtanak a repeszek ellen, az ízületeknek megfelelően vannak tagolva, megkönnyítve a mozgást. Egy antropometrikusan tervezett, nagy becsapódási energiát is felemésztő hátvédő csatlakozik a nadrágszárakhoz, védi a gerincet egészen a koponyaalapig, segít tartani a sisakot. Egybeszabott (integrált) ágyékvédő körkörös ballisztikus és lángvédelemet biztosít, átfedéssel nyúlik le a comb felső részére, mely különösen veszélyeztetett a repeszekkel szemben. Az egész ruha gyorsan bomló kapcsokkal van tervezve. [21,22]

A külső védőburkolat anyaga égésálló és vízmentes és jól tisztítható, mosható. A térd- és könyökrészek tartós gumyszerű anyaggal vannak megerősítve. A lágy ballisztikai betétek aramidszálas anyagból vannak, erre illeszkednek rá a kemény kevlar és kerámia összetételű betétek, melyek eltávolíthatók a karbantartás idejére. [21,22]

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

6. táblázat EOD-9 bombaruha alapanyaga

A sisak illeszkedik a ruhára, különböző méretű szivacs betétekkel pontosan méretre állítható, a fej formájára igazítható. Fő tartozékai a légkeverő rendszer, kommunikációs rendszer, környezetfigyelő rendszer, a belső energiaellátó, beépített lámpa és az ellenző törlővel. Védi a fejet és a fület a túlnyomás, a gyorsulás és a repeszek ellen. [21,22]

A szilánkokkal szemben a korábban szemléltetett kritikus testfelületeket kell a legjobban védeni, a védőruházat szilánkfogó képességének vizsgálatára laboratóriumi szilánkszimulátorokat használnak. A nehéz bombaruha nagyfokú védelmet nyújt az elsődleges és másodlagos repeszek ellen. Az arc védelmére kifejlesztettek egy a sisakra szerelhető sisakrostélyra hasonlító lemezt. [21,23]



7. ábra EOD-9 sisak és sisakrostély [24]



8. ábra EOD-9 nehéz bombaruha [24]

A védelem optimalizálása azt jelenti, hogy elfogadható súly és tömeg érdekében a repeszvédelem megvalósítása céljából az EOD-9 ruha rétegzett, fő alapanyaga az aramidszál. A védettség prioritási (fontossági) zónákra van felosztva. A legmagasabb prioritású védettségű zónaként a testnek azon területei vannak meghatározva, ahol a sérülések súlyos vagy halálos következménnyel járhat (agy, gerincvelő, mellkasi és altesti részen lévő lágy belső szervek). A másodlagos prioritású zónát a test azon területei jelentik, amelyek közül egynek a sérülése is életveszéllyel járhat (fej, törzs, altest, medenceöv, combok térdig) és a harmadlagos prioritású zóna a test azon területei, ahol a sérülés nem azonnali, illetve közvetlen életveszéllyel nem jár (alsólábszár, karok). A repeszvédelem a fajlagos testtájak repeszszérüléseinek költségoldaláról (beleértve a gyógyítás, rehabilitálás költségeit, valamint a rokkantsági nyugdíjat) is optimalizált, ezért a térdék és alsó lábszár csontrendszerének védelme jelentősen megnőtt. A ruha elülső része által nyújtott védelem lényegesen nagyobb, mint a hátulsóé, mivel a jelenlegi doktrínák szerint a tűzszerész mindig nézzen szembe a robbanóeszközzel, amely felrobbanhat. Ennek ellenére az EOD-9 körkörös védelmet biztosít. [21,22]

Repszvédelem vizsgálata

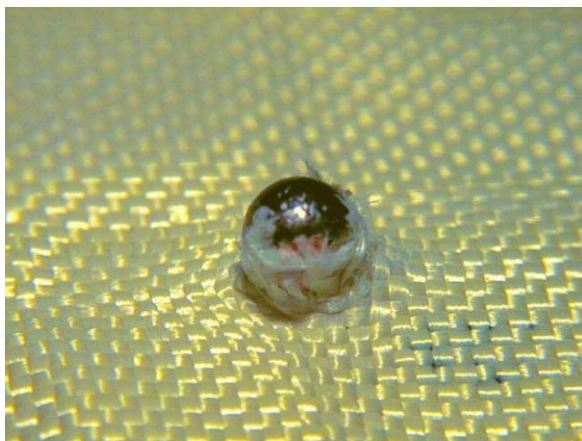
A STANAG 2920 által előírt V-503 tesztet széleskörűen használják ballisztikus (golyóálló) anyagok tervezésénél, párhuzamosan a termékfejlesztés és a minőség-ellenőrzés eszközeként. Bizonyos körülmények között alkalmazható repeszálló anyagok vagy golyóálló öltözékek viszonylagos teljesítményének összehasonlítására feltéve, hogy az anyagok alapvető konstrukciója azonos, például aramidot tartalmazó puha golyóálló öltözék keménnyel nem hasonlítható össze. Fontos megjegyezni, hogy a V-50 adatának névleges értéke csak egy irányszám, mert annak a valószínűsége, hogy egy robbanó eszköz repeszének pontosan

³ A V-50 tesztelés egy, az anyagok –beleértve a golyóálló öltözékeket is – specifikus laboratóriumi repesz-szimulátorokkal szemben tanúsított átütési szilárdságának kiértékeléséhez használt statisztikai eszköz.

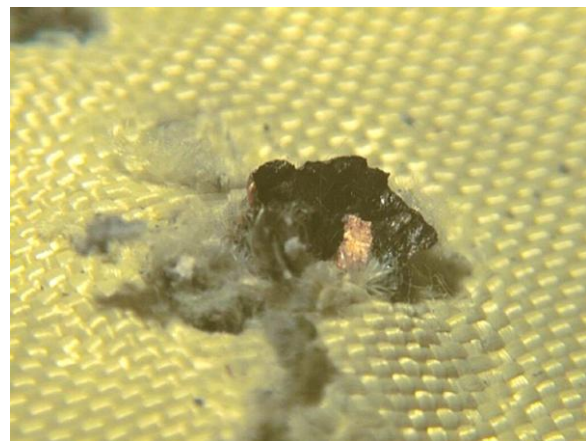
ugyanolyan tulajdonságai vannak, mint a teszt során használt szimulált repesznek, lényegében zérus. [21,22]

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

7. táblázat A MIL-STD-662F Teszt Specifikáció használatával 1,1016 grammos Chisel Nose FSP vésőhegyű repesz-szimulátorral megállapított eredmények. [21,22]



9. ábra Aramid szövet V-50 tesztelése [25]



10. ábra Aramid szövet tesztelése valódi repeszdarabokkal [25]

Ennek problémának a kiküszöbölésére a Magyar Honvédségnél alkalmazott védőeszközök rendszeresítési eljárásakor létező szituációt imitálnak védő kézigránát felrobbantásával, így a tényleges fenyegetettséget vizsgálják. Az értékelés során csak akkor megfelelő az eszköz, ha egyetlen lövedék illetve repeszdarab sem hatol át, illetve nem okoz olyan mértékű benyomatot, hogy az súlyosan veszélyeztesse az alkalmazó testi épségét. [2,25]

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

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

Ehhez képest az egyes lövésekkel leadott vizsgált minták eredménye semmiképpen nem adhat teljes információt az anyag viselkedéséről robbantás hatására. Új, komplex vizsgálmódszerek fejlesztése folyamatban van. [2]

ÖSSZEGZÉS

Dolgozatomban összefoglaltam a robbanás okozta repeszhatás jellemzőit, részletezésre kerültek az emberi szervezetben lejátszódó folyamatok és értékelésük, a repeszek okozta sérülések különleges esetei.

Az utóbbi pár évtizedben az emberi test védelmére a hadifelszerelés gyártók különös hangsúlyt fektettek. A 20. század háborúiban megsérült katonák adatainak elemzése során meghatározták azokat a kritikus testfelületeket, melyek védelme elsődleges, így a speciális katonai védőeszközök fejlesztésekor ezt is figyelembe vették. Forradalmi fejlődést jelentett a nagy szakítószilárdságú és energiaelnyelő képességű polimerek megjelenése.

Cél az alkalmazhatóság és a magasfokú védelem összehangolása. De ne feledjük: „Minden fenyegettség ellen nincs védelem, de a nem viselt védőfelszerelés nem véd meg és nem ad esélyt a túlélésre.”

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások „A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

„The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund.”

IRODALOM

1. LUKÁCS László: Robbantásos merényletek elkövetésének lehetősége Magyarországon, Hadtudományi tájékoztató 1994/1 II. kötet pp. 33-39.
2. DÖME Valéria: Védelem a repeszek ellen, Bolyai Szemle 2002 Különszám 3. kötet, <http://193.224.76.4/download/bjkmk/bsz/bszemle/kulon0316.html> Letöltés ideje: 2012.06.21. 14:12
3. SUSÁNSZKY Zoltán: A robbanás emberre gyakorolt hatása II., Műszaki Katonai Közlöny 1994/1 pp. 19-28.
4. DEPALMA Ralph, BURRIS David, CHAMPION Howard, HODGSON Michael: Blast Injuries, New England Journal Of Medicine 2005;352:1335-42.
5. BOHUS – HORVÁTH - PAPP: Ipari robbantástechnika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983 p. 359.
6. VÁRHELYI Levente: Robbantásos sérülések sebészi ellátásának kérdései, PhD értekezés, ZMNE, Budapest, 2010 p.92.
7. ZSÍROS Lajos, HÁBEL Tamás, IVÁNYI János, BESZE Tibor: A robbanás okozta sérülések sajátosságai, Műszaki Katonai Közlöny 1999/3 pp. 3-22.
8. ARMY TM 5-1300 Structures to resist to effects of accidental explosions, Departments of the Army, 1990 p. 1796.
9. LIPTAY László: Robbantásos sérülések és az ellátás belgyógyászati problémái, Honvédervosi tanfolyam előadás (2003. január).
10. <http://www.martinfrost.ws> Letöltési idő: 2012.06.23. 16:12
11. [<http://www.digitalapoptosis.com/archives/canada/000652.html> Letöltési idő: 2012.06.23. 16:12
12. STUHMILLER James H.: Blast injury, United States Army Medical Research and Materiel Command, Fort Detrick, Maryland (2008) http://www.bordeninstitute.army.mil/published_volumes/blast_injury/blast_injury.pdf Letöltési ideje: 2009. 04.21.17:45.

13. <http://blog.hemmings.com/wp-content/uploads/2007/04/cougar.jpg> Letöltés ideje: 2009.12.04. 16:36
14. Magyar Mentőautók Afganisztánba http://www.autopro.hu/hazai_palya/raba-holding/Magyar-mentoautok-Afganisztanba/158/ Letöltés ideje: 2012.06.27. 22:11
15. SZABÓ Sándor, KOVÁCS Tibor, KOVÁCS Zoltán: Korszerű műszaki technikai eszközök II., Bólyai Szemle 2007/2, http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle2007/2/14_szabo-kovacst-kovacs.pdf Letöltés ideje: 2012.06.20. 15:14
16. 1/2009. (I. 30.) HM rendelet a Magyar Honvédségre, illetve a katonai nemzetbiztonsági szolgálatokra vonatkozó eltérő munkavédelmi követelményekről, eljárási szabályokról
17. GÁCSEK Zoltán: A katona harci képességét növelő korszerű, hálózatba integrált egyéni felszerelésrendszerének kialakítási lehetőségei a Magyar Honvédségben, PhD értekezés, ZMNE, Budapest, 2008 p.130.
18. http://open.jorum.ac.uk/xmlui/bitstream/handle/123456789/1033/Items/T838_1_section26.html
19. FRANK György: a lövedékálló védőmellény alapanyagai és a degradáció veszélye, A ballisztikai kerámia laboratóriumi vizsgálata, Bólyai Szemle 2009/3, http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle2009/3/07_frankgyorgy.pdf Letöltés ideje: 2012.06.20. 15:44
20. Szálak és szerkezetek November 2008 http://www.elvstrom.hu/brosurak/Fabric_Brief_hun.pdf Letöltés ideje: 2012.06.28. 20:10
21. [21] Nehéz tűzszerész védőruha, Med-Eng EOD-9 Kezelési, használati és tárolási utasítás, Med-Eng Inc., Ottawa, Canada, (2007) p. 27.
22. DARUKA Norbert: Az EOD-9 védőfelszerelés alkalmazhatósága a hazai és nemzetközi tűzszerész feladatok ellátása során (NewChallenges 2009 konferencia előadás)
23. MAKRIS A., NERENBERG J., JAMES R., CHICHESTER C.: Evaluation of Personal Protective Ensembles for Humanitarian Demining, Fourth International Symposium on Technology and the Mine Problem, Monterey, California, March 12-16, (2000) p. 10.
24. <http://www.allenvanguard.com/Category.aspx?CategoryId=1> Letöltés ideje: 2009.05.01.15:54.
25. UNION PLUS Kft. Egyéni Védőeszközök vizsgálatai www.unionplus.hu/lap1.htm Letöltés ideje: 2012.06.28. 20:20

Pavel MAÑAS¹ PhD), Lubomír KROUPA² (CSc)

THE BLAST EFFECTS SIMULATION TOOLS WITHIN FORCE PROTECTION ENGINEERING AND CRITICAL INFRASTRUCTURE SECURITY³

SUMMARY:

In modern asymmetric conflicts, force protection engineering mainly deals with protection against explosion cause by IED's and mitigation of blast effects. Protective measures are based on practical experience with blast effects on structures and personnel, or on modern methods such as simulations. Blast attacks to public structures present threats that must be taken seriously. Different methods can be used to assess and analyse possible effect of blast attack to construction. One of the options is numerical simulation. Simulations can be used to predict effects of explosion and can help to find out adequate protection measures. The aim of the article is to briefly present use software AUTODYN as a possible way can be use to predict effect of blast attack. Simulations in this fields are applicable nor in the military but in the critical infra-structure protection too.

Keywords: Blast effects, force protection, simulation, critical infrastructure, force protection

INTRODUCTION

Terrorist attacks by explosives means have a long history. But in recent years, the explosive devices have become the weapon of choice for the majority of terrorist attacks. Such factors as the accessibility of information on the construction of bomb devices, relative ease of manufacturing, mobility and portability, coupled with significant property damage and injuries, are responsible for significant increase in bomb attacks all over the world. In most of cases, structural damage and the glass hazard have been major contributors to death and injury for the targeted buildings.

The most known attacks by explosives are the bombing of the World Trade Centre in New York City in February 1993 and the devastating attack against the Alfred P. Murrah Federal Building in Oklahoma City in April 1995. There are a lot of lesser attacks over the world that have underscored the attractiveness and vulnerability of urban areas and civilian buildings as terrorist targets. These attacks have also demonstrated that modern terrorism should not be regarded as something that could happen elsewhere. Any nation can no longer believe themselves immune to terrorist violence within their own borders.

Military forces engaged in the operations are threatened in asymmetric warfare with a large degree of attacks by explosive means labelled as improvised explosives devices (IEDs). Similar situation can be found regarding non-military and public areas where a lot of different possible targets like public transport means or infrastructure systems exist. These targets, because of lesser level of protection against attack with explosives, are more vulnerable. The use of IEDs is inexpensive but effective and it doesn't require any sophisticated technology and means. Such factors as the accessibility of information on the construction of bomb

¹ COL Pavel MAÑAS, PhD., Faculty of Military Technology, University of Defence, Czech Republic. E-mail: pavel.manas@unob.cz

² COL Lubomír KROUPA, CSc, Faculty of Economics and Management, University of Defence, Czech Republic. E-mail: lubomir.kroupa@unob.cz

³ Robbantástechnika (HU-ISSN 1788-5671) konferencia kiadványban megjelent cikk másodközlése, pp. 42-49.

devices, relative ease of manufacturing, mobility and portability, coupled with significant property damage and injuries, are responsible for significant increase in bomb attacks all over the world.

EXPLOSIVE ATTACK THREATS

The effect of the attack particularly depends on the amount and kind of explosives used to explosion. There are a lot of explosives that can be utilized for IEDs production. Depending on sources and availability either military or commercial explosives can be used. Another possibility is utilization of homemade explosives mostly based on perchlorates, hydrogen peroxide mixtures (triacetone triperoxide - TATP) or mixture of ammonium nitrate fertilizer and fuel (ANFO). Ingredients for homemade explosives are easily obtained on the open market and that's why they are frequently used to produce vehicle bombs.

Small bomb can be delivered as mail bomb; hand delivered in briefcase or rucksack or can be worn by a person such as suicide bomb or can be placed such as pipe bomb. Small bomb can cause the greatest damage and casualties when brought into vulnerable, unsecured areas of the building interior, such as the building lobby, mail room, and retail spaces or underground stations. Recent events around the world make it clear that there is an increased likelihood that bombs will be delivered by persons who are willing to sacrifice their own lives. Hand carried bombs and suicide bombs are typically on the order of two to five kilograms of TNT equivalent. However, larger charge weights, in the 5 to 50 kilograms TNT equivalent range, can be readily carried in rolling cases.

Vehicle bombs (VBIED) bomb size can be calculated on the basis of the loading capacity of a vehicle; are able to deliver a sufficiently large quantity of explosives to cause potentially devastating structural damage. They present one of the biggest threats to public, especially for municipal buildings, public places, monuments and symbols, military installations and critical infrastructure and they can result in a greater effect on the target. The explosion within or immediately nearby a military installation can cause a huge damage on constructions, the collapse of protective walls, projections of fragments and casualties that can occur in result of the direct blast effects. Subsequent damage as well as casualties can be caused by collapsed constructions or secondary fragments.



Fig. 1: Effect of VBIED on public buildings in Oslo, July 22, 2011



Fig. 2: Effect of VBIED on the target protective walls

In general, the effect of the blast particularly depends on the standoff and on the amount of energy released by a detonation represented by the amount of explosives. The standoff is the distance measured from the centre of gravity of the charge to the component of interest. The bomb size depends on delivering capacity of attackers and is measured in equivalent charge of TNT.

Bomb size can be calculated on the basis of the loading capacity of a person or a vehicle. For practical reasons the representative bombs are used and their explosive capacity are given in table 1.

Table 1 Explosive capacity of representative bombs [1], [2]

Representative bomb		Explosive capacity [kg]
Small bomb	Mail or pipe bombs	< 2
	Hand carried bombs and suicide bombs	2 - 5
	Rolling cases bombs	5 - 50
Vehicle bomb	Motorbike	50
	Passenger vehicle	400
	Van	1 500
	Medium truck	4 000
	Box van, fuel truck	13 000
	Semi trailer	27 000

Most structural damage from an external explosion is caused by response to airblast, fragment impact, and ground shock. The extent and severity of damage and injuries in result of an explosive attack can be assumed on the base of the size of the explosion, distance from the explosion site, and assumptions about the construction. Damage due to the airblast may be divided into direct airblast effects and progressive collapse.

Direct airblast effects are damage caused by the high-intensity pressures of the air blast close to the explosion. These may induce localized failure of exterior walls, windows, roof systems, floor systems, and columns. Progressive collapse refers to the spread of an initial local failure

from element to element, eventually resulting in a disproportionate extent of collapse relative to the zone of initial damage. Localized damage due to direct air-blast effects may or may not progress, depending on the design and construction of the building. To produce a progressive collapse, the bomb must be in close proximity to a critical load-bearing element. Progressive collapse can propagate vertically upward or downward from the source of the explosion, and it can propagate laterally from bay to bay as well.

The pressures that an explosion exerts on construction surfaces may be several orders of magnitude greater than the loads for which the construction is designed. The shock wave also acts in directions that the construction may not have been designed for, such as upward pressure on the floor system.

ASSESSMENT OF BLAST EFFECTS

Different methods can be used to analyse and assess possible subsequent effects of blast attack on protected or presumed object or on human. Regarding VBIED, as a result of applied protective structures and safety measures VBIED cannot get into the interior of a military installation and therefore the main effect of the explosion will be an intensive air blast wave impacted on perimeter and entrance structures and some of the characteristic parameters of the wave can be calculated. By comparison with following table we can estimate the range of damage or injury.

Table 2 Damage criteria for structures or components due to overpressure – examples [kPa]

Damage	Occasional	Minor damage	Medium damage	Heavy damage	Destruction
Object	Overpressure Δp [kPa]				
glass, large window	0.2	-	-	-	-
glass, typical window	-	1.1	-	-	3.5 – 7.0
concrete wall, 20-30 cm	-	-	-	14-21	-
brick wall – completely demolished	-	-	-	56.3	70.3
brick wall, 20-30 cm – fail by flexure	-	-	-	-	56.3
brick wall, 45 cm – completely demolished	-	-	-	-	91.4
steel building	-	9.1	14.0	17.6	21.1
wooden building	-	-	12.0	17.0	28.0
industrial building	-	-	28.0	-	-

To calculate basic data for assessing a structure, three main methods can be used:

- Empirical calculation based on scaled distance from TNT charge and empirical formulae of overpressure, pressure impulse and time of arrival and time of duration;
- Semi-empirical calculation based on the same formulae like previous but for simple geometries, some software tools can be used for calculation (e.g. ConWep and BlastX from U.S. Army Corps of Engineers, Protective Design Centre, or Mathcad handbook DynamAssist);
- Numerical method based on explicit solution of motion equations, appropriate solver is often part of complex simulation software and can solve complex geometry and loading conditions.

Empirical calculation of blast effect are mainly focused on spreading of pressure wave in the air and calculation of overpressure (see Fig. 3) for both types of burst – air burst and surface burst (see Fig. 4). Numerical methods based mainly on Euler or Lagrange solver allow us to compute complex simulation where pressure, velocities and deformations are basic output data at each point of simulation and damage levels, strains and other structural characteristics are available too.

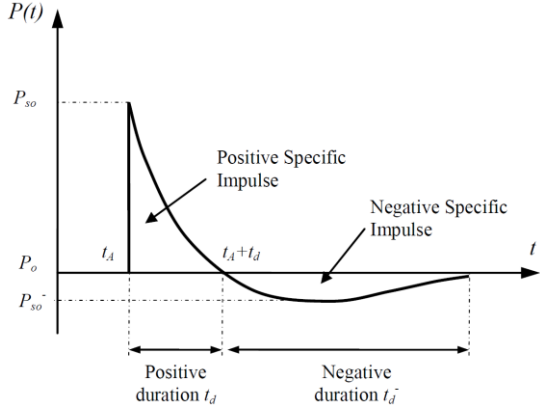


Fig. 3a: Dependency of overpressure at given distance on time of duration after explosion

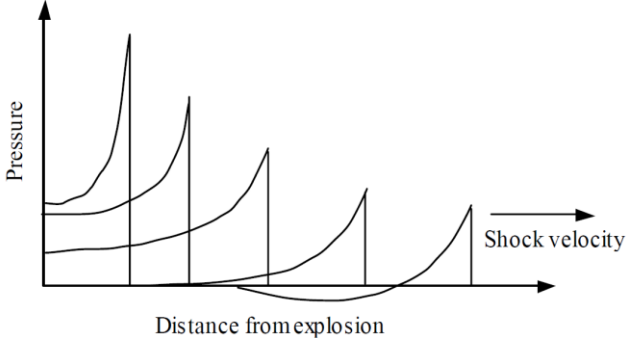


Fig. 3b: Chart of maximum pressure at distance from explosion

The crucial problem of each numerical simulation is a number of suitable evaluation criteria. It is possible to use numerical simulation of damages due to air blast or impact on structural members but concerning whole structure the simulation is limited by computer and software limitations - 3D simulation of steel or concrete structural member hit by pressure wave costs millions equations and several days or weeks for solution of 100 – 500 milliseconds of effects.

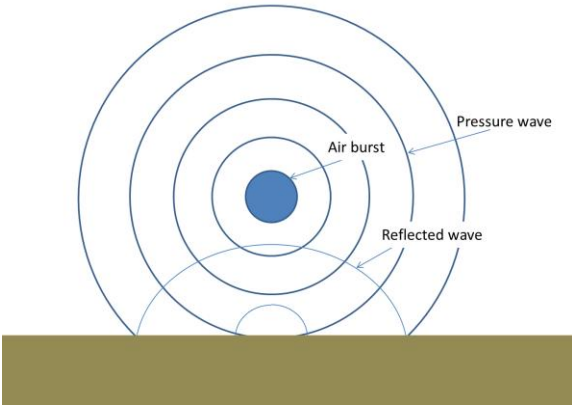


Fig. 4a: Spherical free air burst

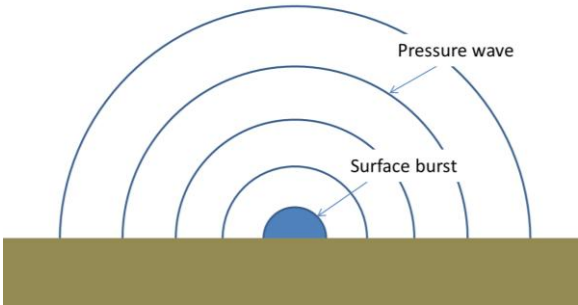


Fig. 4b: Hemispherical surface burst

Following paragraphs shows some examples of blast or impact simulations with different demands on hardware and computational time solved with AUTODYN software. These demands often rely on solver type, duration of incident and possibility to simplify solution.

2D AND 3D SIMULATION OF BLAST WAVE

Euler solver is very effective for simulation of blast pressure wave spreading in the air or simulation of blast effect on structure when charge detonates in some distance from object of interest. Euler solver is using the computational mesh that is fixed in the space of i-j (2D) resp. i-j-k (3D) mesh (see Fig. 5). The mesh is not deforming, it remains the same in time.

Materials are flowing across the mesh and therefore it is necessary to evaluate transport terms of the mass, energy, and momentum each computational step.

Special formulation of this solver was developed for simulation of pressure wave after blast in the air; this is most effective solver for calculation of reflected pressure wave insight of urban area or insight of buildings (see Fig. 6).

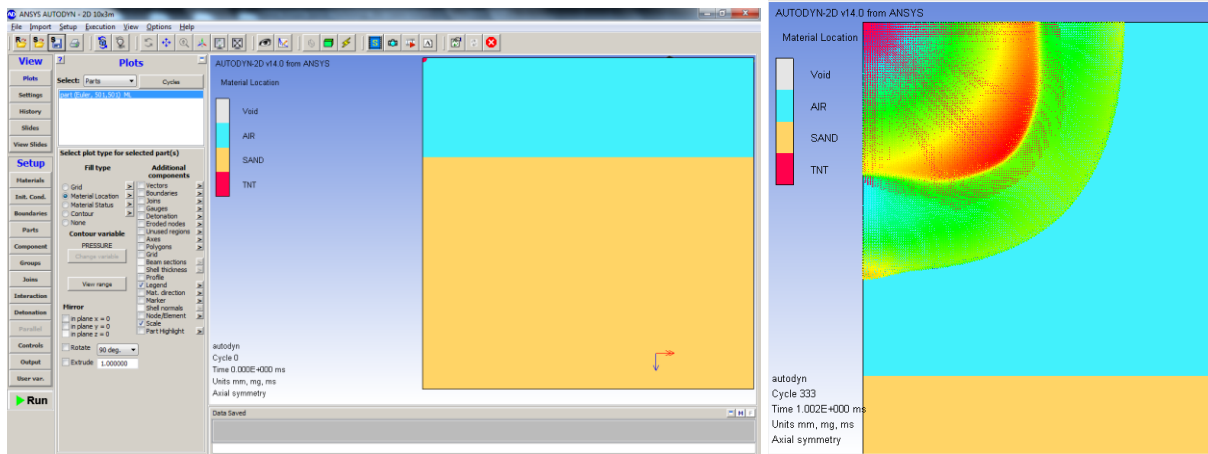


Fig. 5a: 2D axis symmetry simulation of spherical free air burst – initial conditions in AUTODYN

Fig. 5b: Detail of “flowing” materials through 2D i-j mesh, 1 ms after detonation of TNT charge

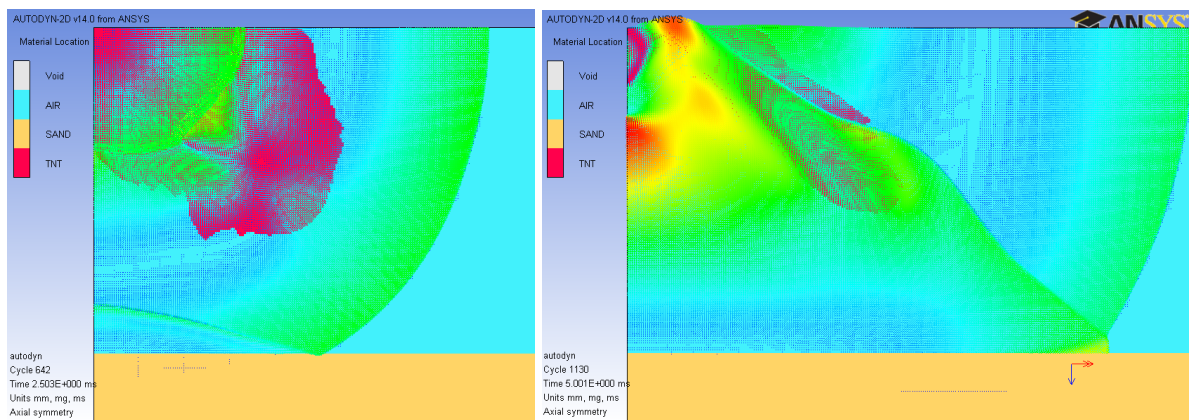


Fig. 5c: Beginning of reflection of pressure wave, 2.5 ms after detonation of TNT charge

Fig. 5d: Initialization of “triple point” of reflected wave, 5 ms after detonation of TNT charge

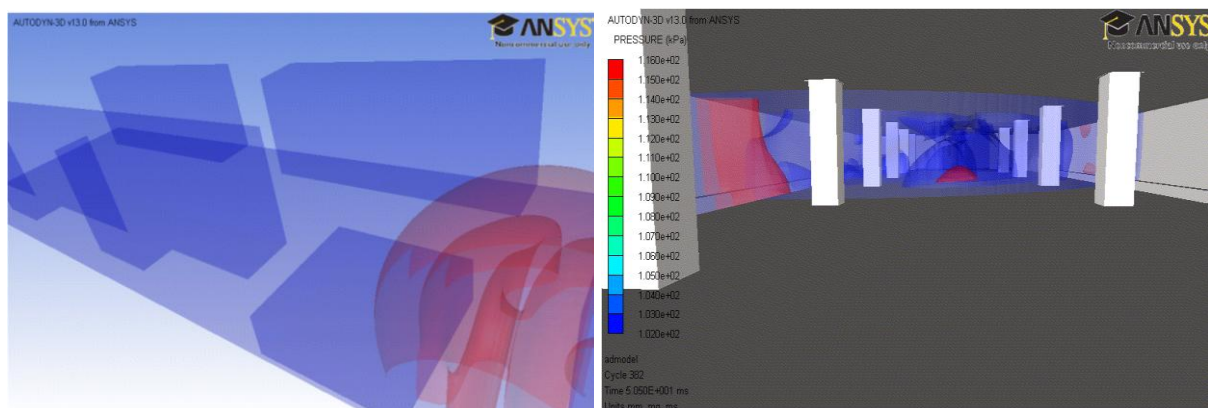


Fig. 6a: Simulation of blast insight of urban area, 20 ms after detonation of TNT charge

Fig. 6b: Simulation of blast insight of buildings, 50 ms after detonation of TNT charge

These simulations conducted at our department allow us to assess consequences of blast with criteria according to Table 2. The most important parameter is a pressure level; which can be

measured during simulation at any point through gauges and later evaluated as a time dependency chart.

BLAST BEHIND AND IMPACT ONTO CONCRETE PROTECTIVE WALL

Lagrange solver is effective for simulation of interaction of bodies, when one body penetrate the other (see Fig. 7 and 8). This solver is using the computational mesh that is connected with the continuum, the same way like classic FEM. Thus, it deforms in time following the continuum deformation. No transport terms are needed, great disadvantage is the fact that the mesh is deforming and during the solution time this is the source of errors. The solution can be “rezoning or remeshing” technique but this introduces new more regular mesh at certain times and therefore it introduces into the solution similar errors like transport terms above.



Fig. 7a: Damaged protective wall after VBIED attack

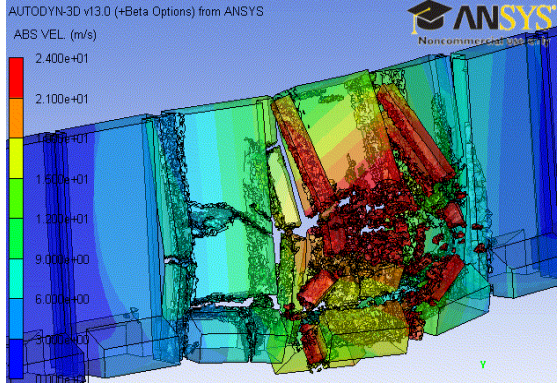


Fig. 7b: Simulation of blast behind T-Walls, 25 ms after detonation of TNT charge

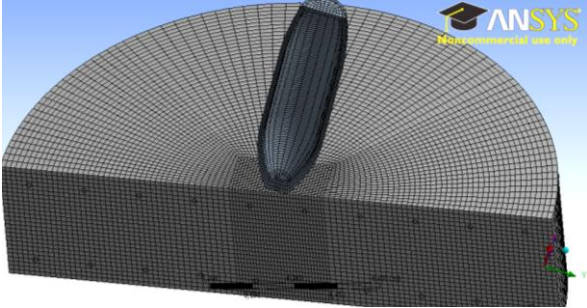


Fig. 8a: Simulation of penetration of projectile into RC slab – Lagrangian mesh

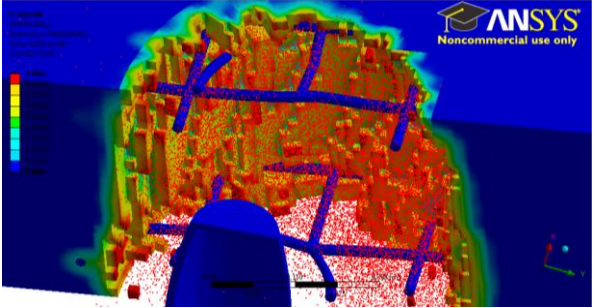


Fig. 8b: Simulation of penetration of projectile into RC slab – damages after 10ms

These kinds of simulations allow us to assess e.g. interaction between bodies after explosion or damage level insight of bodies subjected to blast wave. The most important parameters are impact velocity, damage level and strain of materials; this result can be animated and then give us good view into mechanism of this incident.

CONCLUSION

Based on knowledge of blasting action and convenient software the effect of blast attack can be simulated to predict outgrowth of blast to construction. Software AUTODYN can be successfully used for the simulation. The significant advantage of AUTODYN SW is a library of materials suitable for simulation of explosions, blast effects, and impacts with appropriate material constants filled.

Modern software tools like AUTODYN can help experts to properly assess threats in asymmetric conflicts for reasonable cost. Due to the complex nature of the high velocity interaction between bodies or blast wave spreading and physical phenomena being analysed, it is extremely important for the user of mentioned tools to have a good understanding of the underlying assumptions and limitations of the models.

A significant limitation for all of these tools is in defining realistic failure criteria for both the structural elements and the humans. Depending on the scenario, the failure criteria for a human may be set as the blast to cause a burst ear drum, internal injuries, for another scenario it may be set to a higher blast level to cause significant injury or fatality. One area that has major limitations is the failure of components from combined blast and fragment damage. This is the area for future research at our department.

REFERENCES

1. STANAG 2280. Design Threat Levels and Handover Procedures for Temporary Protective Structures. Brussels (BE) : NATO Standardization Agency, 2008.
2. Improvised Explosive Devices (IEDs) / Booby Traps. GlobalSecurity.org. [cited 2012-29-03]. Available from: <<http://www.globalsecurity.org/military/intro/ied.htm>>.
3. Vávra, P., Vágenknecht, J. Theory of Blast Effects. 2nd edition. Pardubice : University of Pardubice, FChT, 2008. ISBN 978 - 80 - 7395 - 125 - 2. [in Czech].
4. Military Explosives. TM 9-1300-214. Washington, DC : Headquarters, Department of the Army, 1984.
5. BEYR, Petr. Blast Protection of the Perimeter. Advances in Military Technology, 2010, vol. 5, no. 1, p. 56-62. ISSN 1802-2308.
6. MANAS, Pavel, KROUPA, Lubomir. Simulation within Force Protection Engineering. In JALOVECKY, R. and STEFEK, A. (ed.) Proceedings of the International Conference on Military Technologies 2011, ICMT'11, Brno : University of Defence, 2011, p. 209-216. ISBN 978-80-7231-787-5.

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások „A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

„The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund.”

Dalibor Coufal¹

THE DESIGN OF MILITARY BASE ENTRANCE AND THE USE OF ANSYS AUTODYN SOFTWARE WITHIN THE SIMULATION OF THE BLAST WAVE SPREADING²

Abstract

In the time of unconventional warfare, force protection is one of *the highest priorities of every army*. Engineers mainly deals the personnel and structures protection against large number of explosions caused by enemy's attempts to destroy important parts of military base and to cause huge human casualties. Protective solutions realized within protective structures are mainly based on practical experience with explosions effects. As a preventive measure, the simulation software can be used as assumption for the optimal design of important parts of the military base and thereby to prevent massive loss of lives and equipment.

Keywords: Entry Control Point, Vehicle Born Improvised Explosive Device, blast wave, pressure, military base.

INTRODUCTION

Entry Control Point (ECP) is one of the most important parts of perimeter, which is surrounding the military base. Every person and car going to the base has to go through this point. For this reason there is high requirement to propose it properly and also built from appropriate materials. The failure to comply main principles should lead to the massive loss of humans, weapons and other stuff.

In the time of Operation Iraqi Freedom during years 2003 – 2011 there were a lot of attacks aimed to the ECP carried out by Vehicle Born Improvised Explosive Device (VBIED). These attacks were mainly done to pierce the entrance and to explode inside the base. With a car fully loaded with the explosion there was higher probability to kill more soldiers at the base than to eliminate them with a standard way of fighting. The attacks are also frequently performed with suicide bombers using a lot of different kinds of Improvised Explosive Device (IED). Highly sophisticated system of ECP security can considerably assists to the defense of military base and enable the soldiers to feel safe.

Despite all this barriers the enemies can overcome ECP and initiate the VBIED. With the blast of such big quantity of explosives there is formed large blast wave which crucially destroys humans and material at the base. The knowledge of the blast wave spreading and its size are important for a better arrangement of ECP and also to improve the protection of the base. For this reason there is need to know, how the blast wave will spread at the entrance.

To detect the effects of blast wave is effectively used the software from ANSYS Inc. The article is focused on the design of military base entrance and on the use of software such as ANSYS Workbench platform and ANSYS AUTODYN as a software, which is supplied as an integral part of the ANSYS Workbench environment.

¹ National Defense University, Brno, PhD hallgató dalibor.coufal@unob.cz

² Robbantástechnika (HU-ISSN 1788-5671) konferencia kiadványban megjelent cikk másodközlése, pp. 90-97.



Fig. 1 Soldiers get familiar with their surroundings at Entry Control Point 14 at Victory Base Complex, Iraq. [1]

THE DESIGN OF MILITARY BASE ENTRANCE

The ECP zones

Approaching zone creates the interface between local road network and the military base. It should contain some construction elements – obstacles, which are determined for the following functions:

- to lower the speed;
- to classify the vehicles according to the types;
- enables the verification of an entry;
- enables to keep adequate distance between vehicles;
- enables to give first warning to suspicious people and vehicles. It is also possible to see the attempts to leave allowed routes.



Fig. 2 Approaching zone at the camp Šajkovac, Kosovo [2]

Entry control zone is the main part of ECP. It contains the post of guardians, place for checking cars and persons and some equipment used by security units.

This zone should be equipped with stuff specific following functions:

- verification of persons;
- complete control of the vehicles and persons;
- visit inspection;
- checking the approaching zone;
- to regulate the speed of entering and leaving vehicles.



Fig. 3 US Air Force Staff Sergeant from 86th Contingency Response Group and his military working dog are checking a vehicle for explosives during Operation IRAQI FREEDOM [3]

Zone of reaction is created by the boundary from the end of entry control zone to the last barrier or gate of the base. It also creates the boundary of ECP's area and should be designed to reach these functions:

- to allow the reactions to the threats;
- to provide the necessary reaction time;
- to activate last barrier or close the gate;
- to ensure visual inspection of all the ECP space.



Fig. 4 Zone of reaction at the camp Šajkovac, Kosovo [4]

Safe zone is created by active and passive barriers in all the directions, which protects the ECP area against the explosions. The size of this zone is adapted by the evaluations of danger (assumed weight of explosion). If the safe zone is not possible to be big enough to ensure the space without possible threat, it must be reviewed other options and decisions about other measures against the risks.



Fig. 5 Safe zone at AL-RASHEED army base, Iraq [5]

The organization of ECP

The deployment of ECP must be in accordance with the whole military base. It must be provided according to these demands:

- **Safety:** The main priority of the ECP is to ensure the perimeter of military base. The ECP must be built with security equipment, which is performed to stop VBIED and also people not allowed to access the base. For these tasks ECP must be created like:
 - easy access point;
 - to increase the level of defense and to decrease the risks in the way of thorough checking control;
 - to fulfill the protection against terroristic threats;
 - to be functional if all the demands will be complied. [6]
- **Protection:** ECP must be maintained as the working environment according to the norms, which is reliable and comfortable for guarding units. Special attention must be paid to climatic conditions and location, in which the ECP is. [6]
- **Capacity:** ECP must ensure continuous and fluent cars traffic and to avoid slowdown of the cars and humans. This fact is very hazardous in the sense of a quick reaction to a possible danger. [6]
- **Overall impression:** The whole design of ECP must be done properly according to the good feeling of providing professional protection to all soldiers at the military base. This fact is very important in the sense of positive feeling of safety and it is so obvious for seamless duties. [6]

THE SIMULATION OF THE BLAST WAVE

Despite all security measures dedicated to the design of ECP, there were some serious cases of the car driven by the suicide bomber that had passed through entering control zone and got in the internal structure of the base. The explosion of such a VBIED is characterized by the huge blast wave, which represent enormous threat to the people and buildings. For this

reason, the characteristic of blast wave must be known and the ECP has to be structurally modified to eliminate the effects of it.

Blast wave is rapidly spreading wave of compressed air in the atmosphere characterized by a gradual change in pressure, density and temperature. Usually it is created and started by the explosion. The trajectory of spreading is in the direction from epicenter of explosion. If the environment is continual, than the speed of the blast wave is the same in each direction.

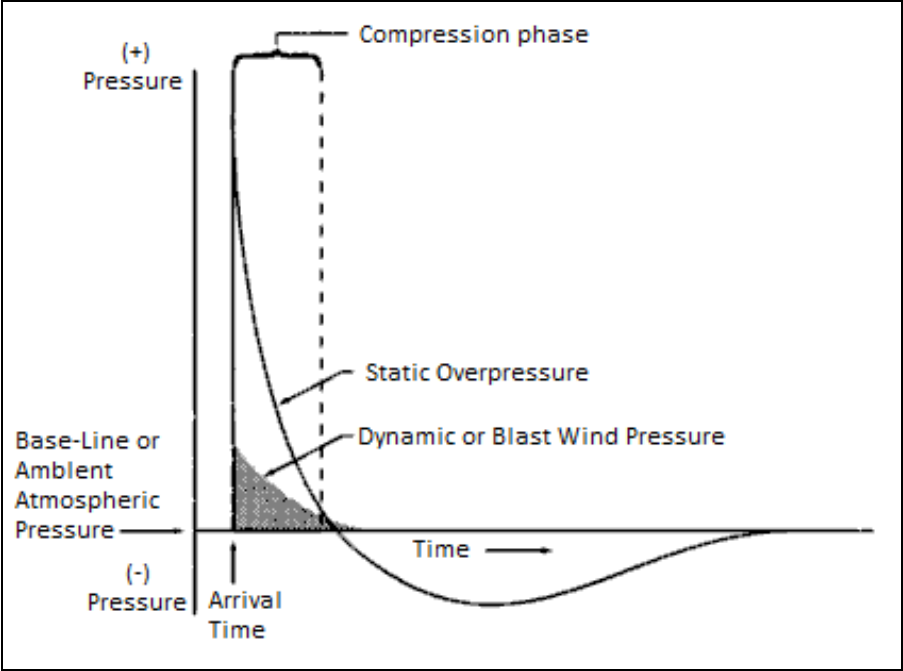


Fig. 6 Variations of Static Overpressure and Dynamic Pressure with Time [7]

When a blast wave strikes the surface of a hard target, such as a building, the reflected wave will reinforce the incident wave, and the face of the building will be subjected to overpressures 2 to 8 times that of the incident wave alone. The severity of this additional stress depends on many factors, including the peak overpressure of the incident blast wave, as well as the angle at which the wave strikes the building. As the shock front advances, it bends or diffracts around the building, and the pressure on the front wall decreases rapidly. [7]

However, during the brief interval in which the blast wave has not yet engulfed the entire structure, a considerable pressure gradient exists from front to rear that places a severe stress on the building. For small objects, this period of so-called diffraction loading is so small that no significant stress is encountered. For large buildings, however, the stress of diffraction loading will be considerable. Even after the shock front has passed across the building, the structure will still be subjected to a severe compression force and to severe drag forces from the transient winds. The actual overpressures required to produce severe damage to diffraction sensitive targets are actually quite low. [7]

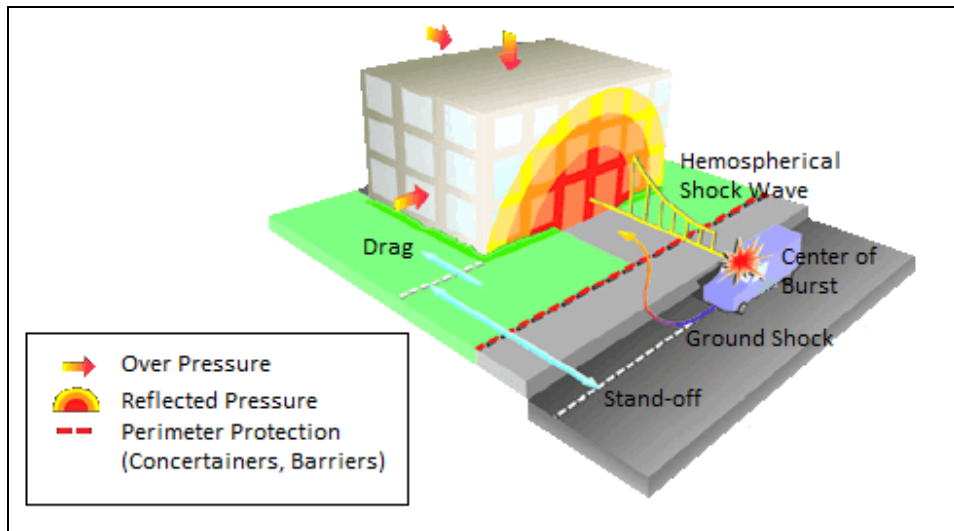


Fig. 7 The effects of the explosion close to the structure caused by VBIED [8]

For the purposes of the blast wave characteristics, its size and spread in different environments, there is convenient possibility to use the software from ANSYS Inc.

ANSYS WORKBENCH

The ANSYS Workbench platform is the framework upon which the industry's broadest and deepest suite of advanced engineering simulation technology is built. An innovative project schematic view ties together the entire simulation process, guiding the user through even complex multi-physics analyses with drag-and-drop simplicity.

With bi-directional CAD connectivity, powerful highly-automated meshing, a project-level update mechanism, pervasive parameter management and integrated optimization tools, the ANSYS Workbench platform delivers unprecedented productivity, enabling Simulation Driven Product Development. [9]

Typical tasks you can perform in Workbench are:

- Creating models using DesignModeler or importing models from a variety of CAD systems.
- Generating a numerical mesh suitable for a variety of FE and CFD methods using Meshing or Advanced Meshing
- Performing implicit finite element analyses using Simulation for structural, thermal, and electromagnetic simulations.
- Performing explicit transient nonlinear dynamics simulations of solids, fluids, gases, and their interaction using ANSYS AUTODYN
- Optimizing designs using DesignXplorer or DesignXplorer VT, and implementing a chosen design back into the original model [10]

ANSYS AUTODYN

ANSYS AUTODYN is an explicit analysis tool for modeling nonlinear dynamics of solids, fluids, gas, and their interaction.

With a fully integrated, easy to use graphical interface allowing set up, running, and post processing of problems, ANSYS AUTODYN offers:

- Finite elements (FE) solvers for computational structural dynamics;
- Finite volume solvers for fast transient Computational Fluid Dynamics (CFD);
- Mesh-free particle solvers for high velocities, large deformation, and fragmentation (Smoothed-particle hydrodynamic - SPH);
- Multi-solver coupling for multi-physics solutions including coupling between FE, CFD and SPH;
- A wide suite of materials models incorporating constitutive response and coupled thermodynamics;
- Serial and parallel computation on shared and distributed memory systems. [11]

ANSYS AUTODYN has been used in a vast array of projects and nonlinear phenomena. It is also possible to use it effectively for building protection measures and insurance risk assessment for blast effects in military bases.

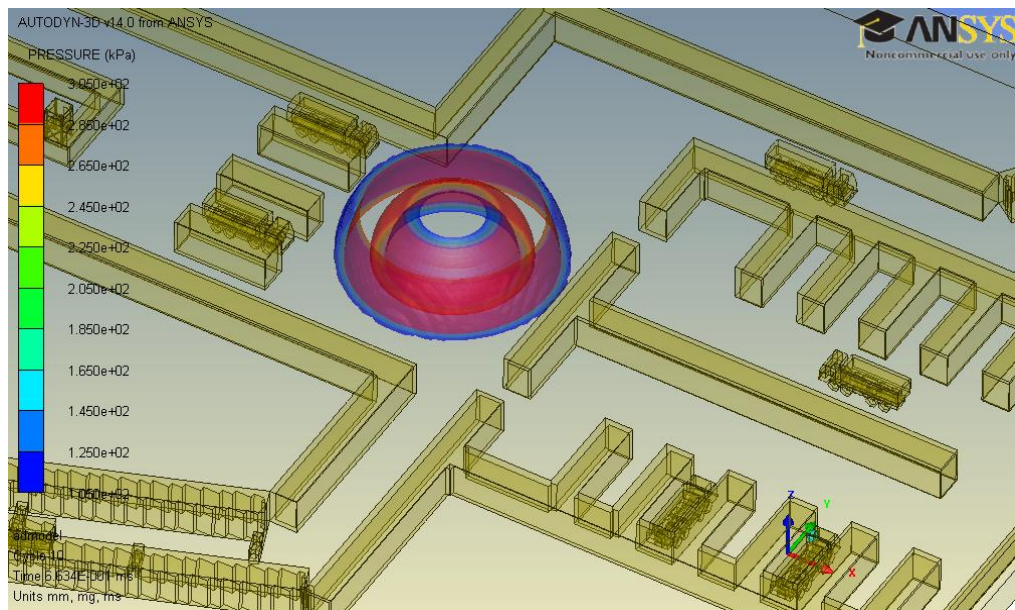


Fig. 8 The explosion of a 1000 kg of TNT between control zone and parking in the time of 6 ms...¹

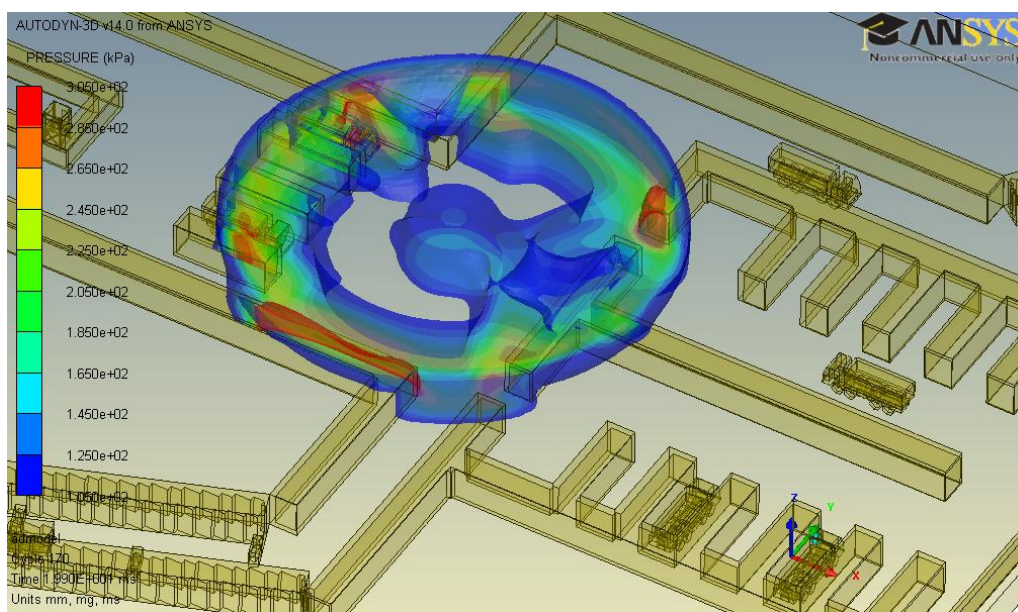


Fig. 9 ... and in the time of 20 ms. 2

CONCLUSION

Terrorist threat is achieved by continual attacks, which are aimed to the military bases and realized by huge load of explosives placed in VBIED. The article is aimed to familiarize the reader with the characteristic of ECP, its structure and design. Next part is dedicated to the characteristic of the blast wave, its spreading in the air and possibilities of ANSYS AUTODYN software which is used to evaluate the explosions.

With the knowledge of spreading the blast wave it is easier to design the main parts of military base like entrance, headquarter, ammunition depot etc. It is necessary to understand that all the soldiers are serving in hostile conditions for several months. For this reason the defense of military bases should be one of the highest priorities of every army.

BIBLIOGRAPHY

1. DVIDS. Defense video & imagery distribution system [online]. [cit. 2012-06-28]. Possible from: <http://www.dvidshub.net/image/253008/new-entry-control-point-ease-congestion-baghdad-area#.T-wUfJGumt9>
2. ŽERAVA, M.: Mírové tábory v zahraničních misích. Brno, 2005. 116 s. [Diplomová práce]. Univerzita Obrany.
3. SmugMug. [online]. [cit. 2012-06-28]. Possible from: http://www.visualintel.net/SpecialTopics/Military-Working-Dog/War-Zone-Vehicle-Search/8096483_nrKhZb/527645367_5hvYC#!i=527645367&k=5hvYC
4. ŽERAVA, M.: Mírové tábory v zahraničních misích. Brno, 2005. 116 s. [Diplomová práce]. Univerzita Obrany.
5. Stars and stripes. [online]. [cit. 2012-06-28]. Possible from: http://www.stripes.com/polopoly_fs/1.58551.1273632229!/image/2902409426.jpg_gen/derivatives/landscape_490/2902409426.jpg
6. KROUPA, Lubomír; MAŇAS, Pavel. Blast threat to structures. In: Sborník 4. ergonomické konference. Brno: Univerzita obrany, Fakulta ekonomiky a managementu, 2010. ISBN 978-80-7231-756-1.
7. FM 8-9. Defense Department Nuclear Doctrine and Policy [online]. 1996 [cit. 2012-06-21]. Dostupné z: <http://www.fas.org/nuke/guide/usa/doctrine/dod/fm8-9/toc.htm>
8. Whole building design guide. [online]. [cit. 2012-06-28]. Possible from: http://www.wbdg.org/resources/env_blast.php?r=envelope
9. ANSYS. ANSYS Workbench Platform [online]. 2012. vyd. [cit. 2012-06-07]. <http://www.ansys.com/Products/Workflow+Technology/ANSYS+Workbench+Platform>
10. Renssealer Polytechnic Institute (RPI) - Renssealer Hartford. AUTODYN - New features [online]. 2012. vyd. [cit. 2012-06-07]. <http://www.ewp.rpi.edu/hartford/~ernesto/F2010/EP1/Materials4Students/Danyluk/autodyn-new-features.pdf>
11. ANSYS Customer portal. ANSYS AUTODYN in Workbench [online]. 2012. vyd. [cit. 2012-06-07]. Possible from: http://www1.ansys.com/customer/content/documentation/120/wb_adyn.pdf

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások „A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

„The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund.”

Petr Beyr¹ (CSc)

BLAST PROTECTION OF THE PERIMETER²

SUMMARY: The article brings a different approach to the perimeter protection in comparison with current manuals. It explains the reaction of the fortification materials when high explosive detonates on of their surface. Fortification is assessed here as concrete or loose material. Based on acoustic rules it is a process of attenuation of transition waves while propagating the above mentioned materials. The article shows the false feeling of the security of persons standing behind concrete wall and vice versa the underestimating of the loose material efficiency. Further recommendations how to improve blast protection of perimeter walls are given on the conclusion of this article.

Keywords: Berm, blast protection, concrete wall, explosives, perimeter security

INTRODUCTION

Perimeter is a physically marked outer edge of a military facility. It clearly and distinctly encircles space forbidden for any unauthorized intrusion. Its design has to announce a strong visible sign not to approach illegally. Consequently, enemy consideration should be focused to penetrate a perimeter line. The purpose of penetration may be a nuisance or show of force action as well as an attempt to conquer the base. It is a spectacular action whose effect could be to inflict casualties or humiliation of troops. In any case, the successful attack reduces credibility of troops in minds of local residents. Recently, the concern is paid to the potential attack by bulk explosives on perimeter structure. Force protection measures applied on any military facility have to solve a perimeter security as paramount task. Commander is obliged to implement steps reducing implications and damages, when attack happens. He uses so called Risk Assessment, where the threat anticipated and the respective countermeasures applied are compared and assessed their proportionality. In this framework the reliability of the different design of the perimeter structures shall be evaluated.

BASIC DESIGN OF THE BLAST PROTECTION STRUCTURES

First of all, we have to classify basic structures, used for perimeter protection.

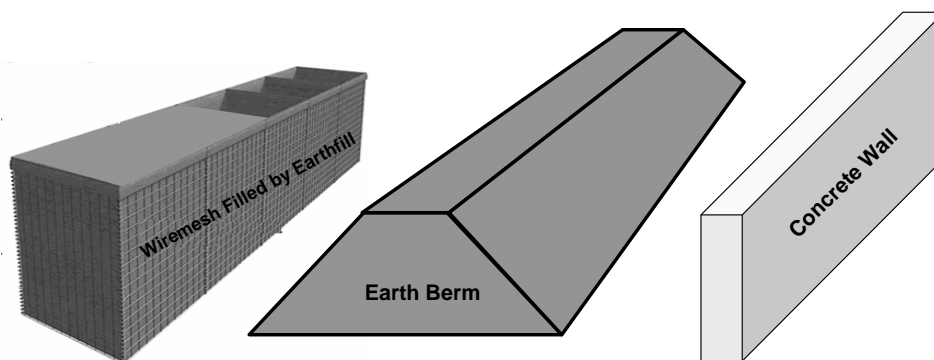


Fig. 1 Basic blast protection structures

¹ Corresponding author: Department of Engineer Technology, University of Defence, Kounicova 65, CZ-662 10 Brno, Czech Republic, phone +420 973 443 509, E-mail petr.beyr@unob.cz

² Robbantástechnika (HU-ISSN 1788-5671) konferencia kiadványban megjelent cikk másodközlése, pp. 61-67.

The picture contains three different structures: from left there are foldable wire mesh bags filled by earth fill (HESCO Bastions), earth berm and concrete wall. As a rule, strong solid structures like concrete walls are preferred. Their mass, size and strength can induce feeling of security inside of the perimeter. But is it the truth? Are they really impregnable for energy, released by explosives? Is it the best structure capable to withstand the detonation stress? The first impression could answer “yes, of course”; concrete is a hard solid stuff and the harder looks the better. But why the medieval engineers ceased the option to protect fortresses by masonry walls and changed their construction by lower berms made by soil, when artillery became decisive weapon for any siege? The answer can be obtained by the mechanism of blast effect on the solid structure.

ENERGY OF THE LONGITUDINAL WAVES

The detonation produces energy in the form of a shock wave. The surrounding environment determines where this energy loses its value and continues as acoustic energy producing elastic waves, by other words, sound. The propagation of acoustic energy can bring the first approach to this consideration. We will focus to elastic longitudinal waves, moving through the particular material. Their speed is a constant for each material.

The propagation of acoustic energy should be characterized by its intensity. It is defined acoustic energy output related to square unit. The formula is [1]

$$I_{\text{elast}} = p_{\text{elast}} v_{\text{elast}} \quad (1)$$

where I is intensity [W m^{-2}], p is acoustic pressure [Pa] and v is acoustic speed (speed of the oscillation of particles around their fixed positions) [m s^{-1}].

With analogy to electric circuits p corresponds to voltage and v corresponds to the electric current. Without deriving it is possible to formulate the relation p/v

$$\frac{p_{\text{elast}}}{v_{\text{elast}}} = \rho c \quad (2)$$

where p/v is acoustic resistance of the surrounding material, ρ is the density (volumic mass) of the surrounding material, c is the speed of the longitudinal waves (sound). Whereas indicated from (2)

$$p_{\text{elast}} = v_{\text{elast}} \rho c$$

$$\text{Then} \quad I = v_{\text{elast}}^2 \rho c$$

$$\text{And finally} \quad I = w \cdot c \quad (3)$$

where w is defined as the density of acoustic energy [J m^{-3}]. As visible from the above mentioned formulas, the intensity depends on the density of the acoustic energy and the speed of the longitudinal waves.

Now, we have to make use of method of analogy for determination, whether detonation energy could be characterized by the intensity as defined in Formulas (1) and (3).

Detonation wave affects its surrounding by shock, accompanied by destruction effect on all surrounded materials. Generally, the transient speed will achieve its maximum on the contact with detonating explosive, where possesses the maximum of energy. But at a distance [3]

Where R_{lim} is the distance from the centre of the detonating explosive [m], r is the radius of the intact explosive [m], the wave loses its energy and is transformed regressively into longitudinal elastic wave.

$$R_{lim} \approx 3-10r \quad (4)$$

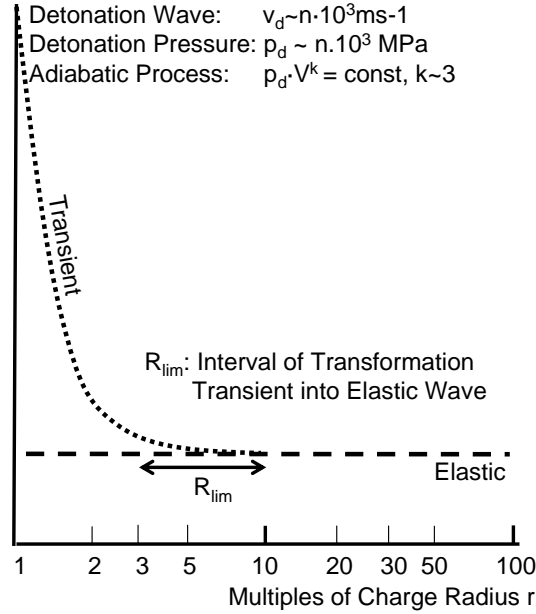


Fig. 2 Transformation of detonation wave into elastic wave at distance R_{lim}

Now, we have to derive the density of the detonation energy:

While detonating the explosive is transformed into gas products, the density of them is approximately [3]

$$\rho_{det} \approx \frac{4}{3} \rho_0 \quad (5)$$

where ρ_0 is the density of the intact explosive (before detonation) [kg m⁻³], ρ_{det} is the density of the detonated explosive [kg m⁻³].

The detonation pressure is defined [3]

$$P_{det} = \rho_0 v_{det} v_{flow}$$

Where p_{det} is detonation pressure [Pa], ρ_0 is volumic mass of intact explosive [kg m⁻³], v_{det} is detonation speed [m s⁻¹] v_{flow} is a speed of detonation products, reaching approximately $v_{det}/4$, then

$$P_{det} = \frac{1}{4} \rho_0 v_{det}^2 \quad (7)$$

From (8) is obvious, that any material on the contact of explosive will be affected by detonation pressure, which is proportional to quadratic detonation speed, which constitutes brisance.

Thermal energy of explosion could be derived from adiabatic process indicated on Figure 2:

$$Q = \frac{1}{2(k^2 - 1)} \cdot v_{det}^2 = \frac{1}{16} \cdot v_{det}^2 \quad (8)$$

Comparing formulas (7) and (8) we obtain:

$$Q = \frac{P_{\text{det}}}{4 \cdot \rho} \quad (9)$$

The flow of energy of the transient wave is defined as [3]

$$w = Q \frac{N}{R} \quad (10)$$

Where A is a function of the specific exothermic volume of the explosive Q [J kg^{-1}], N is the mass of explosive charge [kg] and R is the distance from the explosion site [m], then

$$R \geq R_{\text{lim}} : (v_{\text{det}} \rightarrow c) \Rightarrow I = w \cdot c \quad (11)$$

Comparing this formula with (3) it is obvious that we are allowed to make use of analogy with acoustic formulas to describe an explosion process, which could make the further considerations easier.

THE SOUND SPEED AND ATTENUATION IN CONSTRUCTION MATERIALS

Turning back to Figure 2 we have to emphasize another fact. The transient area of the graph ($R < R_{\text{lim}}$) indicates the loss of energy inversely proportional to speed of sound. Detonation energy affecting materials possessing low speed of sound will be consumed just close to explosion site unlike materials possessing high speed of sound, closer to detonation speed. This fact is justified by equation (11)

Let us see the Figure 3 below related to potential construction materials the both natural (arenaceous) and artificial (concrete) origin [2].

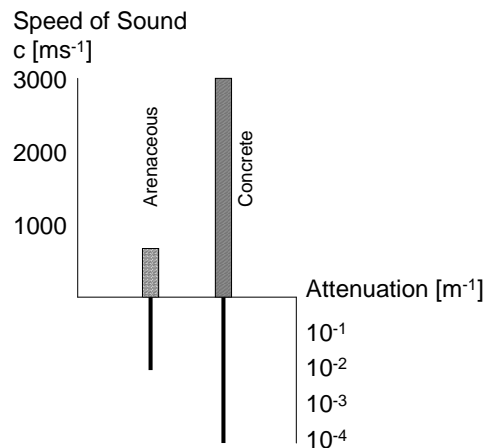


Fig.3 Speed of sound and attenuation of arenaceous and concrete materials

It describes features of materials of our interest – arenaceous (sand, gravel) and concrete. The speed of sound is compared as well as coefficient of absorption, which cause attenuation of elastic waves. This is supplemental factor affecting energy propagation through materials.

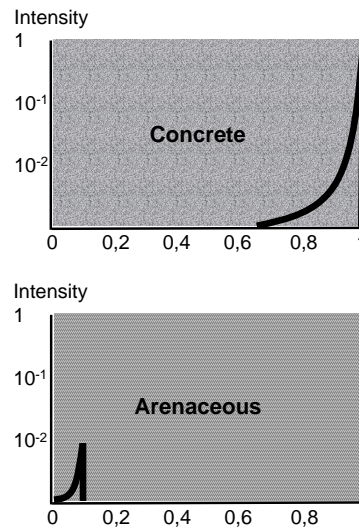


Fig. 4 Comparison of wavy features of concrete (on top) and arenaceous (on bottom)

Applying this recognition we can compare the situation inside mass of concrete and of the sand, scaling by concrete. This indicates Figure 4: Grid 0 indicates the site of the same explosion at concrete and arenaceous mass. We can observe the position and amplitude of the wave propagating arenaceous material in the moment when the wave propagating concrete of the amplitude 1 reached grid 1. The difference in position is almost ten times, the difference in amplitude is hundred times.

MECHANISM OF THE DISINTEGRATION

The mechanism of the construction material disintegration indicates following picture. It explains the character of the longitudinal wave (sound) while reflecting from acoustic boundary [3]. The case “A” shows reflection of the sound from the environment of the lower acoustic resistance ($\rho \cdot c$) than propagated originally. This compression wave is reflected as a tensile wave. When opposite case “B” happens, the reflected wave keeps its original nature.

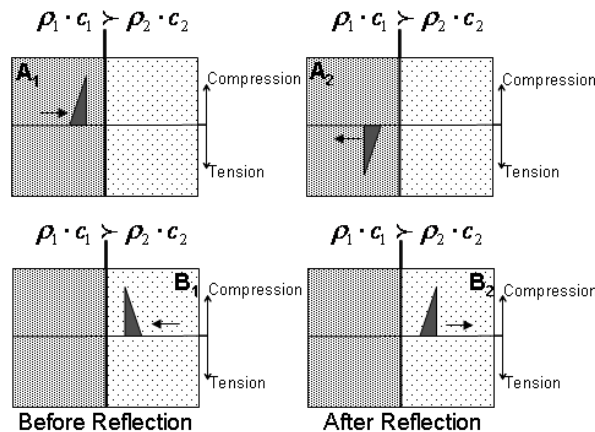


Fig. 5 Character of longitudinal waves after reflection in different materials

We can realize an important common sign – disintegration is propagated from the reverse surface toward the averse surface, where explosion occurs. The reason is the interference of the compression waves originated by explosion and its transformation into tensile wave reflected from the interface concrete (or soil) and air. The figure 6 justifies this statement.

The effect corresponds with mechanical features. Rigid and brittle materials produce debris like secondary projectiles. We can make a tentative conclusion – the efficiency of the barrier occurs inversely in proportion to speed of elastic waves. Sandbags or HESCO Bastions represent higher level of security to space inside the perimeter than concrete or steel. There is a further argument supporting the above mentioned conclusion. The compact material can be considered closer to elastic stuff, while loose material cannot. Internal friction among grains of the loose materials absorbs energy of explosion.

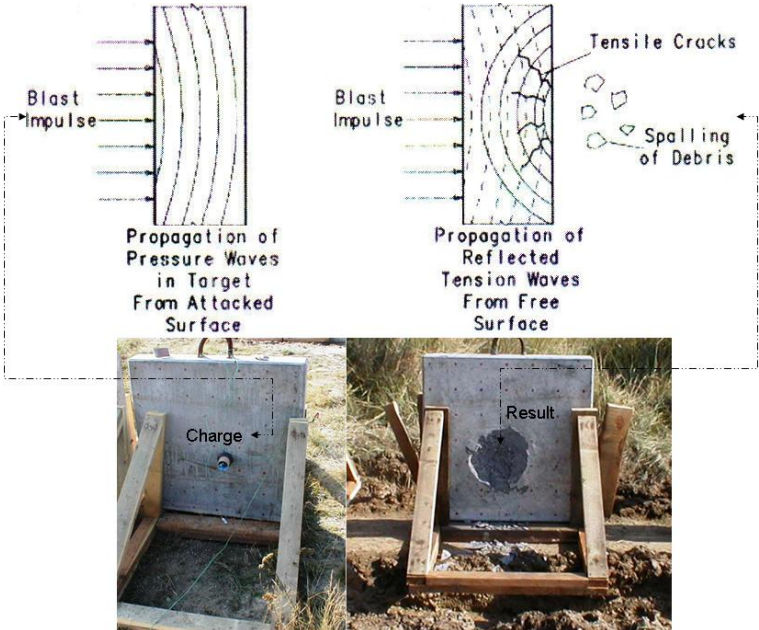


Fig. 6 Mechanism of disintegration - result

The indirect confirmation is presented on the figure 7. When charge exploded in the middle of the road, the solid wall on its side was seriously damaged but the HESCO barrier was almost intact.



Fig. 7 Comparison of damages on rigid and loose protection structures (archive of the author)

This picture makes visible the fact, that arenaceous materials absorb the energy of waves better than rigid materials, like limestone, which features are similar to concrete. Who wants to make an evidence of this theoretical conclusion, he can refer to history of the Egyptian assault on Sinai desert across Suez Canal: They breached a huge Israeli made sandy berm not by means of explosives which proved ineffective, but by flow of pressurized water.

Is any option available, how to diminish the splinter effect of the concrete wall? It is partly a hypothetical consideration. The solution could bring design similar like multi layered armour. The idea is to cover the reverse side of the concrete wall by ductile or plastic layer. We can suppose the speed of the sound approximately the same as in the argillaceous materials. In this case the interference occurs not on the brittle concrete surface, but in the ductile material, indicating slower deformation, resisting a loss of coherence. It may be plastic rubber based insulation material. The preliminary experiments have already been published, but without regulations. The inspiration can bring by the British company DYNASYSTEMS, which offers commercially reinforcement of buildings, cars, etc. The question is whether to buy the product or achieve similar effect by our means and assets. However, the functionality of this provision can be proved by our regulation. The charge, when we have on the reverse side of the object (steel) in water (for instance, penetration of the floating boat from inside), shall be four times bigger than we intent to penetrate the same material on dry surface.

CONCLUSION

The loose material composing a fill of HESCO Bastions or earth berm can give reliable protection of the reverse area behind perimeter line, when an attempt occurs to breach it by explosion. On the other hand, concrete wall may bring a false feeling of security. It can produce splinters as projectiles when the explosion occurs on the averse side of wall. The serious fact, that it is not necessary to penetrate this wall to induce this effect. The option how to reduce this effect is to cover it on the reverse side by plastic and ductile material. This provision is commercially available. It would be worth to examine expedient provisions, like rubber based insulation layers and check their efficiency.

REFERENCES

1. KOLMER, F. and KYNCL, J. Three Dimensional Acoustics (in Czech). 2nd edition. Praha: SNTL, 1982. 242 p.
2. MAREŠ, S. et al. Introduction to Applied Geophysics (in Czech). 1st edition. Praha: SNTL, 1979. 591 p.
3. BREBERA, S. High Explosives: Educational Materials (in Czech). Polička: Odvětvový institut speciální techniky, 1981. 40 p.
4. Žen-2-9 Military Engineering for All Military Branches (in Czech). Praha: Ministry of Defence, 1988. 132 p.

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások „A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

„The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund.”

Jan MAZAL¹ (CSc)

THE CURRENT TENDENCY WITHIN THE NATO POLICY IN THE AREA OF MILITARY ENGINEERING, ENGINEER INTELLIGENCE AND FORCE PROTECTION IMPLICATIONS²

SUMMARY: The paper deals with continuous process of amending of NATO Military Engineering basic documents and its implications. The NATO Military Committee Policy for Military Engineering which was represented by the document of MC 0560 (2008) has been changed. The relatively new approach which is visible from the context of the new document of MC 0560/1 (2012) is focused mainly on those Military Engineering capabilities which are essential for operational success. MC 0560/1 applies to preparation, execution and recovery across the continuum of potential NATO-led joint operations. The spirit and approach of this document has many different implications, and some of them are concerning complex domains, like amending key Military Engineering documents, as well as domains of Engineer Intelligence and Force protection.

Keywords: Military Engineering, capabilities, Engineer Intelligence, Force Protection.

The NATO policy is changing, according to the situation within NATO and new World Challenges become. At this time we can, from the text of current and previous NATO documents, derive some shifts/changes in the area of Military Engineering (MILENG), which have occurred and which are relevant mainly to these areas:

- the MILENG essence and functions;
- Engineer Intelligence (EI);
- Force Protection (FP).

A COMPARISON BETWEEN SOME VERSIONS OF BASIC NATO MILENG DOCUMENTS

The development process and amending of basic NATO MILENG documents continues. I have learnt about this matter that there is following situation:

- Military committee policy for Military Engineering (MC 0560 (2008)) was superseded by the document of MC 0560/1 (2012);
- STANAG 2238 – “Allied Doctrine for Military Engineer Support to Joint Operations” – AJP-3.12(A) (2010): it is under considerations to supersede this doctrine by the document of AJP-3.12(B) “Allied Doctrine for Military Engineering”. Last draft of this document has been issued for expert discussions like “Study draft 3” (2012);
- STANAG 2394 – “Land Force Combat Engineer Doctrine” – ATP-52(B) (2008): it is under considerations to supersede this doctrine by the document of ATP-3.12.1 “Allied Tactical Doctrine for Military Engineering”. Last draft of this document has been issued like “Study draft 2” (March 2012);

It is difficult to predict how long the development process will last and what will be its final results. But if the MILENG community is informed about this process continuously, we can

¹ Ing. Jan Mazal, CSc., University of defence; Faculty of Economics and Management, Kounicova 65, 662 10 Brno, Czech Republic. E-mail: mazalovi@seznam.cz

² Robbantástechnika (HU-ISSN 1788-5671) konferencia kiadványban megjelent cikk másodközlése, pp.127-141.

derive from the achieved level of knowledge useful information which would be important for our special research programmes as well as for the process of teaching students.

Military committee policy for military engineering (superseded MC 0560 (2008) & new version of MC 0560/1 (2012))

If we compare the text of these two documents, step by step (as we can see it in the Table 1), we can find/derive some differences and issues between the previous MC 0560 (2008) and the current MC 0560/1 (2012) documents:

Shortened text of MC 0560/1_2012	Shortened text of MC 0560_(2008)
AIM	AIM
1. To <u>state</u> the policy for military engineering. It also gives direction and guidance for its implementation, In order to enable NATO, individual member Nations and partners to plan and conduct Alliance operations and to develop appropriate joint military capabilities , driven by the NATO Defence Planning Process (NDPP).	1. To <u>establish</u> a policy for all Military Engineering to optimise Engineer support to NATO.
SCOPE	SCOPE
2. This Policy describes the concept for the <u>delivery of an effective MILENG capability</u> which is essential for operational success. It applies to preparation, execution and recovery across the continuum of potential NATO-led joint operations....	2. To articulate the principles for Military Engineering planning and employment <u>to ensure unity of effort, prioritisation and economies of engineer resources</u> assigned by NATO and NATO nations. This policy highlights...
SUPPORTING CONCEPTS	BACKGROUND
3. The Strategic Concept. NATO focus has shifted from largely static collective territorial defence to <u>expeditionary operations</u> 4. Guidance for Transformation and NATO's Level of Ambition... Command and Control (C2) arrangements must be sufficient for up to eight concurrent operations (two Major Joint Operations and six Smaller Joint Operations) on NATO territory, its periphery or at strategic distance. 5. The focus of NATO operations <u>has changed</u> from static operations to more expeditionary operations. Command and control arrangements must be able to support up to eight concurrent operations (2 Major Joint Operations and 6 Smaller Joint Operations) on NATO territory, on its periphery and at strategic distance. ...
PART 1— ROLES	PART 1 – DEFINITIONS
5. Definition. MILENG Is the Engineer activity, <u>undertaken regardless of component or service, to shape the physical operating environment</u> ...	8. Military Engineering is that engineer activity <u>undertaken regardless of component or service, to shape the physical operating environment</u> , ...
PART II — MILENG IN ALLIED OPERATIONS	PART II - COMPREHENSIVE JOINT APPROACH
7. Comprehensive Approach. Current operations continue to highlight the importance of MILENG throughout all stages of an operation in supporting, enabling and sustaining the force. 8. Centralised Control, Decentralised Execution. <u>The most effective use of scarce resources will be achieved by a senior military engineer and staff, properly established at each level, able to task-organise multinational assets in accordance with the overall commander's priorities, throughout an operation; responsibility for executing tasks should be delegated to the lowest appropriate level of MILENG command</u> 9. Engineer Advisor. The senior military engineer at each level is the principal advisor to the commander In all aspects of MILENG. ...	7. As NATO transforms, so has the requirement to re-define the engineer capabilities and expertise at all levels; to develop and establish military engineering policy; and update doctrine, concepts and roles. While NATO's engineer staff representation at senior level is minimal, current operations and planning considerations for expeditionary operations demand increased engineering representation and advice. 12. To enable NATO military commanders to maximise Military Engineering capabilities and forces to their best effect, <u>senior engineer expertise is needed at all levels and headquarters must have visibility and must be robust enough to handle all likely requirements</u> ...
PART IV - MILENG SUPPORT TO THE STRATEGIC LEVEL	PART III - ENGINEER SUPPORT TO STRATEGIC LEVELS

Shortened text of MC 0560/1_2012	Shortened text of MC 0560_(2008)
13 At the strategic level, military engineers contribute to defence and operations planning by <u>providing the necessary subject matter expert (SME) advice</u> to ensure that appropriate MILENG capabilities will be generated in a timely manner to meet NATO short, medium and long term requirements....	13. At the Strategic level, engineer activity mainly addresses the Military Engineering input into operational planning and execution, force planning, policy and doctrine, and NATO Infrastructure and associated NATO common funded projects...
PART V - MILENG SUPPORT AT THE OPERATIONAL LEVEL AND BELOW	PART IV - ENGINEER SUPPORT AT THE OPERATIONAL LEVEL AND BELOW
18. Operational Level. The JFENGR at the Joint Force HQ will be responsible, throughout the Joint Operational Area, for identifying the requirements for engineering support as well as balancing and coordinating the allocation of MILENG and Host Nation Support, both directly for the force as well as to meet wider campaign objectives...	22. Effective operational level engineer planning requires a Joint Force Engineer and staff to support the Joint Force Commander, providing advice on all engineer aspects of the operation. The Joint Force Engineer will have co-ordinating and technical authority, on behalf of the Joint Force Commander, over the allocation of engineer resources to Components....
19. Tactical Level. The most likely MILENG focus at the tactical level for all components, depending on the operation, its phases and the operational environment, will be mobility support balanced with provision of life support and development of infrastructure.	24. At the tactical level, although there may be a greater focus on combat support engineering, force support engineering will also be necessary within all components.

Table 1: The demonstration of coincidences and differences between MC 0560/1 and MC 0560

Subchapter Summary: The new MC 0560/1 (2012) differs from former MC 0560 (2008) in some aspects. For instance it:

- reflects the progress in the current situation in NATO;
- states the policy for MILENG and it is usable as the authority for those measures required to achieve its full implementation across the Alliance;
- redefines some terms and definitions - (terms like “Combat support Engineering”, “Force support Engineering”, Engineer Intelligence” were omitted/not mentioned);
- formulates the relevant set of Joint Functions (Manoeuvre and Fires; Command and Control; Intelligence; Information, Operations; Sustainability; Force Protection and Civil-Military Co-operation, Logistics‘ infrastructure);
- adopts the necessary capability for providing “subject matter expert (SME) advice” to ensure that appropriate MILENG capabilities will be generated in a timely manner;
- accentuates more strongly the need to establish within military formations a position like Engineer Advisor/senior military engineer at each level, who is also the principal advisor to the commander in all aspects of MILENG and who is responsible for all MILENG matters.

AJP.3.12(A) (2010) Allied Doctrine for Military Engineer Support to Joint Operations & the study draft 3 of AJP.3.12(B) (2012) ALLIED JOINT DOCTRINE FOR MILITARY ENGINEERING

In the Table 2 we can see some differences in the concept and the content between documents “the study draft 3 of AJP.3.12(B) ALLIED JOINT DOCTRINE FOR MILITARY ENGINEERING” and AJP.3.12(A) “ALLIED DOCTRINE FOR MILITARY ENGINEER SUPPORT TO JOINT OPERATIONS“:

The study draft 3 of AJP.3.12(B) ALLIED JOINT DOCTRINE FOR MILITARY ENGINEERING (49 pages)	AJP.3.12(A) ALLIED DOCTRINE FOR MILITARY ENGINEER SUPPORT TO JOINT OPERATIONS (50 pages)
Chapter 1 – Principles Comprehensive approach <u>Implications for military engineering</u>	Chapter 1 The Alliance Concept of Military Engineer Support to Joint Operations Fundamentals of Joint Operations: <u>Implications for</u>

<p><u>Scope of military engineering</u> <u>Military engineering at the different levels</u> <u>Military engineering forces and resources</u> Chapter 2 – <u>Military Engineering Command and Control</u> Military engineering <u>command and control principles</u> Military engineering command and control principles in joint headquarters JFENGR staff organization Chapter 3 – <u>Military Engineering Planning</u> <u>Planning at the strategic level</u> <u>Planning at the operational level</u> Military engineering planning relations to other functional areas and the HN 3-6 <u>Special considerations for military engineer planning</u> Chapter 4 – <u>Military Engineering Support to the Conduct of Allied Joint Operations</u> Military engineering support to the different stages of an operation Military engineering support to air operations Military engineering support to maritime operations Military engineering support to logistics <u>Specialist contributions to operations</u></p>	<p><u>Military Engineering 1-1</u> <u>Scope of Military Engineer Functions 1-2</u> <u>Levels of Military Engineering 1-3</u> <u>Military Engineer Forces and Resources 1-6</u> Chapter 2 Allied Joint Force <u>Military Engineer Command and Control</u> <u>Command & Control Principles 2-1</u> Engineer Organisations 2-2 Host Nation Support 2-4 Chapter 3 Allied Joint Force <u>Military Engineer Planning</u> <u>Planning at the Strategic Level 3-1</u> <u>Planning at the Operational Level 3-3</u> Engineer Input to Other Fora 3-6 <u>Special Considerations for Engineer Planning 3-9</u> Chapter 4 <u>Military Engineer Support to the Conduct of Allied Joint Operations</u> Operational Principles 4-1 Military Engineer Support to the Conduct of Joint Operations 4-2 <u>Specialist Military Engineer Contributions to Joint Operations 4-5</u></p>
--	---

Table 2: The demonstration of coincidences and differences between the content of study draft 3 of AJP.3.12(B) and AJP.3.12(A)

Subchapter Summary: The main difference between AJP-3.12(A) and the draft of AJP-3.12(B) is that this publication draft better reflects the linkage between the newly revised capstone joint doctrine document AJP-01(D) and keystone joint doctrine documents AJP-3(B), the other keystone doctrine documents and the level 2 supporting joint doctrine publications.

It describes the actual fundamental aspects of military engineering and provides guidance for support to the conduct of joint operations at the operational level. These operations are complex and contain all the different tasks that span the range of military operations, from humanitarian aid to combat. Most operations will take place in all of the domains (air, land, maritime) while some will predominantly favour a single domain, such as land. The level of joint participation may vary and is likely to include non-military agencies, institutions or organizations.

The key theme in this publication remains: ‘military engineering is a component of capability of all Joint Functions’. All military engineering support to joint operations can fundamentally be approached in the same manner because NATO forces must expect to perform a wide range of potentially simultaneous activities. AJP 3.12(B) focuses on the synchronization and coordination of military engineering activities, during the preparation, execution and termination of an operation.

ATP-52(B) “LAND FORCE MILITARY ENGINEER DOCTRINE” (2008) & The FIRST study draft 2 of ATP-3.12.1 (A) “ALLIED DOCTRINE FOR TACTICAL MILITARY ENGINEERING” (March 2012)

As it is apparent from the headline, current “ATP-52” document series are going to convert to “ATP-3.12” series, according to relevant AJP-3.12. The range of changes and the tendency of amendments are visible from the tables of context these two documents (Table: 3)

<p>The first study draft 2 of ATP-3.12.1 (A) ALLIED DOCTRINE FOR TACTICAL MILITARY ENGINEERING ATP-3.12.1 (more than 221 pages)</p>	<p>ATP-52(B) LAND FORCE MILITARY ENGINEER DOCTRINE ATP-52(B) DECEMBER 2008 (140 pages)</p>
<p>CHAPTER 1 – PRINCIPLES Comprehensive approach at the tactical level Tactical implications for military Engr operators Scope of tactical MILENG MILENG roles and tasks CHAPTER 2 – MILITARY ENGINEERING COMMAND AND CONTROL Principles Functional coordination and liaison Planning, employment and control of Engrs <u>Rules of Engagement</u> for Engrs CHAPTER 3 – MILITARY ENGINEERING SUPPORT TO THE PLANNING OF OPERATIONS Engineers and the NATO Planning Process Engineer Resources and Materials Infrastructure Development Plan Barrier Planning Engineers and Contractors Engineers and HNS CHAPTER 4 – MILITARY ENGINEER SUPPORT TO THE CONDUCT OF OPERATIONS <u>Engineers and Knowledge Development</u> The engineer estimate Pre-Deployment Deployment Engineer Support to Land Forces Engineer Support to Air Forces Engineer Support to Maritime Forces Engineer Support to Logistics Engineer Support Special Forces Engineer Support to post Conflict Operations Redeployment Specialist Engineer Contribution to Operations Annexes: A-L</p>	<p>CHAPTER 1 ENGINEER FUNDAMENTALS AND ROLES Section I – The operating environment Section II – The continuum of operations Section III – Key terms and definitions Section IV – Engineer roles Section V – <u>Planning and employment</u> Section VI – Multinational standardisation and interoperability CHAPTER 2 ENGINEER COMMAND, CONTROL, INTELLIGENCE AND RECONNAISSANCE Section I – Command and control Section II – Communications and liaison Section III – <u>Information and intelligence</u> Section IV – Engineer reconnaissance Section V – <u>Rules of engagement (ROE)</u> CHAPTER 3 ENGINEER OPERATIONS IN FORCE PROJECTION AND SUSTAINMENT Section II – Factors affecting Section III – Engineer capabilities required CHAPTER 4 GENERAL ENGINEER SUPPORT CHAPTER 5 OFFENSIVE OPERATIONS CHAPTER 6 DEFENSIVE OPERATIONS CHAPTER 7 STABILISING OPERATIONS CHAPTER 8 ENABLING ACTIVITIES CHAPTER 9 ENGINEERS IN SPECIFIC ENVIRONMENTS AND SITUATIONS ANNEX A ATP-52(B) - RELATED STANAGs ANNEX B FAMILY OF OBSTACLE TERMS ANNEX C ENGINEER INFORMATION REQUIREMENTS</p>

Table 3: The demonstration of coincidences and differences between the content of The first study draft 2 of ATP-3.12.1 (A) and ATP-52(B)

Subchapter Summary: It was determined that ATP-52 was redundant in many respects with capstone NATO documents, and that MILENG doctrines had to be developed as a whole, ranging from strategic and operational (AJP-3.12) to tactical (ATP-3.12.1). According to the development of MILENG functions, there is no need component-specific doctrine, but it is necessary to interpret the concepts present in new AJP-3.12 at the tactical level. The emphasis has shifted from the component focus (Land) to the level of the publication (tactical). This publication draft intends to address the same concepts and responsibilities introduced by AJP-3.12 and explain their application, bridging the operational and the tactical level. While joint doctrine focuses on describing “what” MILENG is, this publication attempts to define “how” it is executed. The draft of the document is much more comprehensive and it also gives us a new views on the framework of MILENG tasks (Figure 1) and on the range of MILENG capabilities (Figure 2).

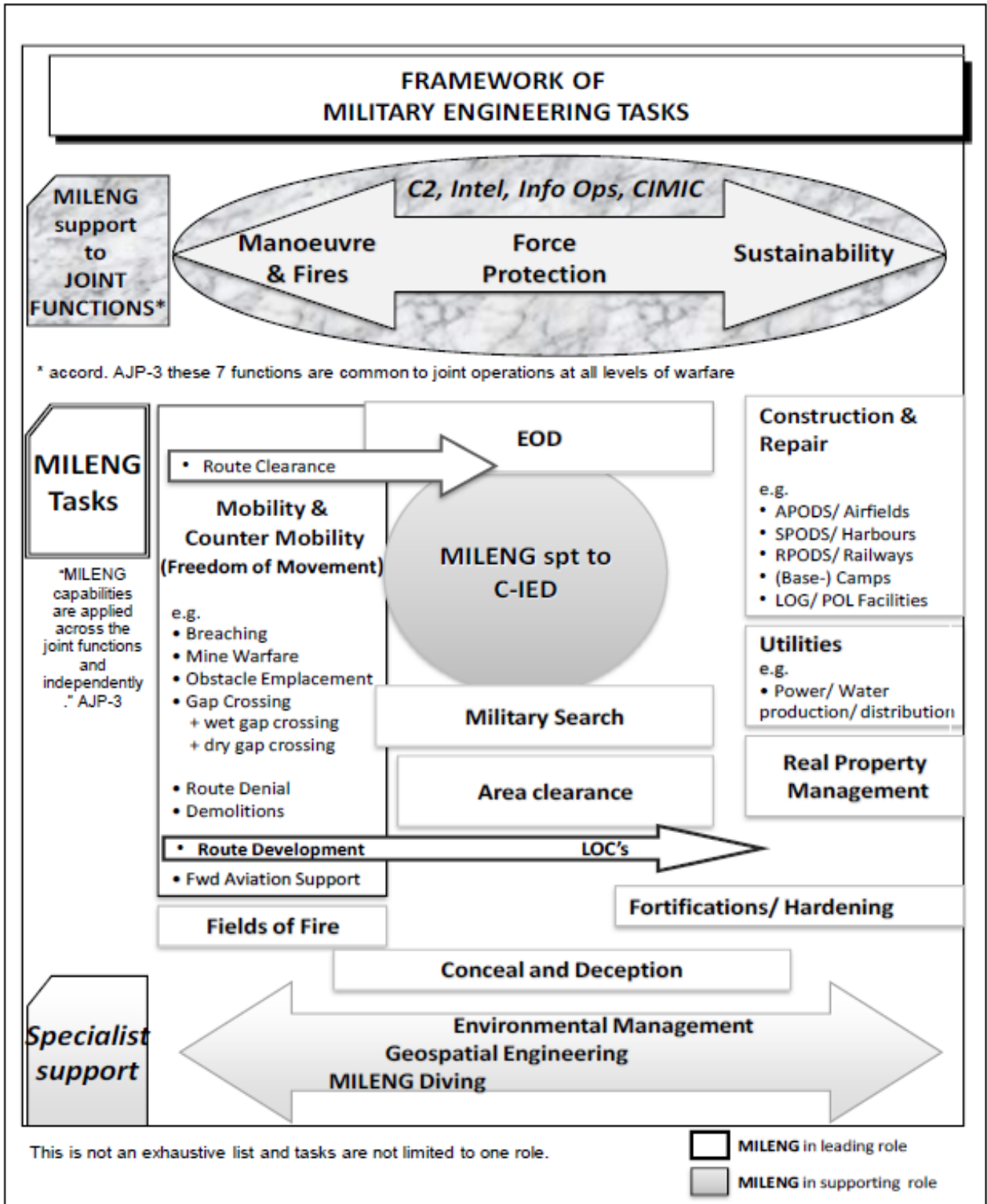


Figure: 1 The Framework of MILENG Tasks

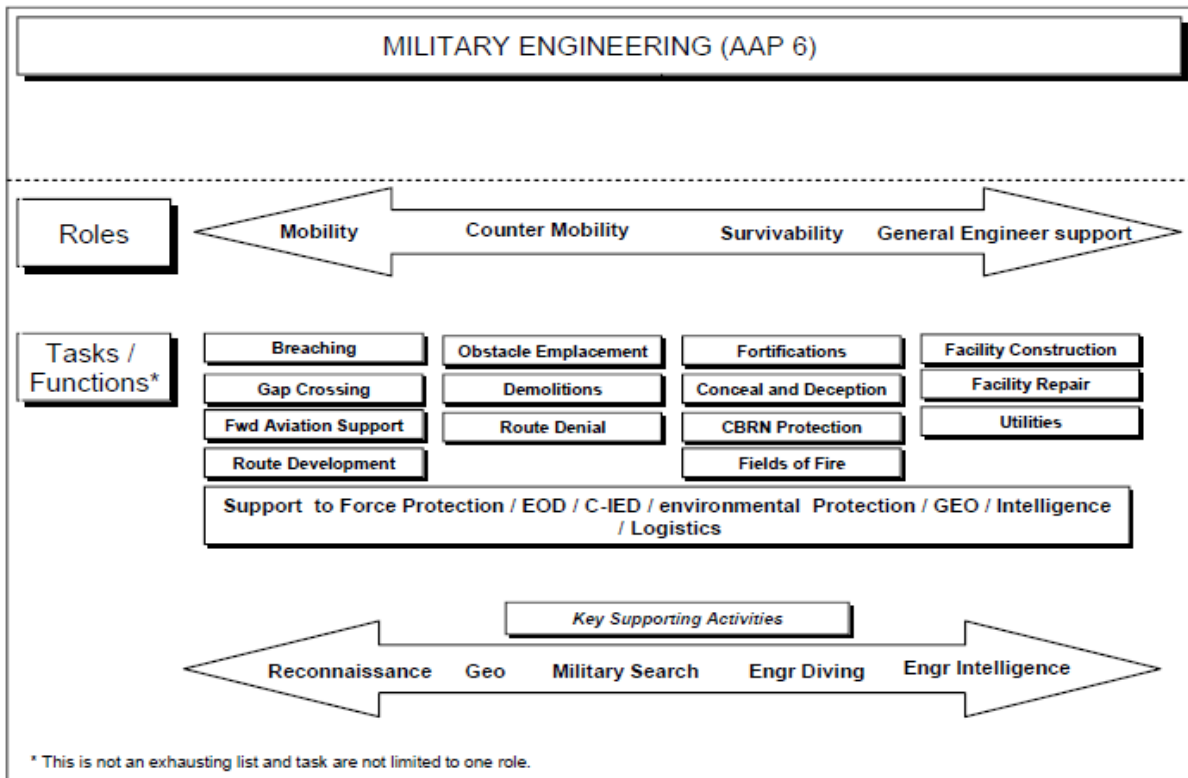


Figure 2 Military Engineer Capabilities

ENGINEER INTELLIGENCE IMPLICATIONS

Omitting the term of „Engineer Intelligence“ (from the text of previous MC 0560) would signalize some doubts about the term purity within the frame of Intelligence terms. Opinions about it are different among the MILENG community. For instance, some specialists from the Military Engineering Centre of Excellence (MILENG COE) have recently advocated meaning, that more appropriate term for this comprehensive activity is “Engineer support to Intelligence”. By contraries, in Royal Engineers community (British Forces) is the term “Engineer Intelligence” stated officially. Another sample of modified term from US Army which is associated with MILENG functions is “obstacle intelligence³” (OBSTINT). Next reason for further discussions on this topic would be obvious coherency between terms “Engineer Intelligence” and “Engineer Reconnaissance”. Whereas there are no doubts about that we recognize term “Engineer Reconnaissance” as a special capability, “Engineer Intelligence” is still unfixed officially in all NATO documents as a term⁴.

Main reasons for the existence of engineer intelligence

If we admit the necessity of the existence of Command and Control (C2) processes within the MILENG (what has been stated in previous documents/drafts as a principle) we have to consider appropriate structure and methods in the area of MILENG Information Management (IM). There are generally two types of MILENG specialists who need engineer intelligence

³ **obstacle intelligence** — Those collection efforts to detect the presence of enemy and natural obstacles, determine their types and dimensions, and provide the necessary information to plan appropriate combined arms breaching, clearance, or bypass operations to negate the impact on the friendly scheme of maneuver. Also called **OBSTINT**. (JP 3-15)

⁴ Note: with one exception – AAP-19 (D) (2003).

capabilities: engineer commanders and Joint Force Engineers (JFENGRs) or their equivalents (Engineer Coordinators) on other operational/tactical levels. Both of them will make/support decisions and they will plan or contribute to the planning processes. To do it properly, they will need (during operations) to:

- do Engineer Estimates;
- have Situation Awareness (SA);
- create MILENG Common Operational Picture (MECOP);
- achieve the situation understanding (SU).

The engineer estimate⁵

From the moment they are engaged in operations, engineers are continually conducting estimates of how they can best array their assets in support to the commander's plan and how accomplish MILENG tasks. Their technical expertise is not only an enabler but also a force multiplier. In order to fully contribute to operations, engineer commanders and chiefs may have to conduct a deliberate estimate of key factors in order to make the deductions that will help validate courses of action or identify new ones.

The engineer estimate is not divorced from the commander's battle procedure and aims at supporting it. However, engineers may initiate estimates which are specialty-driven and continually evolving while external capabilities are inventoried. Following that logic it can be said that there are three kinds of engineer estimates:

- General Engineer estimate. This is an overall assessment of the operating environment, including friendly forces, adversary, threat, terrain and external assets – from and MILENG perspective. It is aimed at providing a wider picture of the “engineer problems and solutions” in a theatre. As a result, guidelines and general concepts of support will be provided and technical Requests for Information will be formulated with a view to potential tasks;
- Tactical estimate. This is an estimate directly linked to the Comprehensive Operational Planning Directive (COPD) and Operational Planning Process (OPP) of the supported friendly forces. The scope is generally limited to assigned and implied tasks and identified Courses of Actions (COA).
- Technical estimates. Those are assessment of purely engineer tasks/problems and the most efficient and effective to resolve them. These estimates increasingly include considerations to outsourcing and contracting services, requiring technical expertise.

MILENG Situation awareness.

For situation awareness is also necessary to have/create and to maintain databases which contain as much information as possible on all MILENG matters concerning the area of interest. MILENG considerations during the step of planning would include, but are not limited to:

- Terrain and related weather analysis in support of operational area / environment visualization;
- Host Nation (HN) infrastructure and resources assessment;
- Assessment of coalition and HN MILENG capabilities;

⁵ The first study draft 2 of ATP-3.12.1 (A) ALLIED DOCTRINE FOR TACTICAL MILITARY ENGINEERING

- Assessment of present non-military organizations which provide MILENG-related capabilities, including the support they need and which support they can provide to MILENG;
- Additional digital mapping and imagery requirements for projected missions;
- Capabilities of assigned military engineer forces;
- Adversary military engineer capabilities;
- Environmentally sensitive areas and other impacts on the environment;
- Historic and cultural resources;
- Bed-down requirements for supported friendly force.
- Non-military engineer capabilities;
- LOC and ports of debarkation (airport (APOD), seaport (SPOD) or rail port (RPOD)) supportability.

The MILENG common operational picture

To create MECOP is mainly about relevant information. Relevant information is all information of importance to the commander and staff in the exercise of command and control. Engineer intelligence is from a special point of view a subset of relevant information which is needed for command and control in the MILENG.

A MILENG common operational picture would be a single display of relevant information within a engineer commander's area of interest. It is a part of all-embracing operational picture tailored to the engineer's requirements, based on common data and information shared by more than one command. Data and engineer's information from all echelons of command and shared among all users will create the MECOP. Although ideally MECOP is a single display, it probably will include more than one display and information in other forms. During the process of setting out the MECOP it is necessary to respect the range of MILENG capabilities and tasks. It is necessary to be aware of the fact that some relatively independent tasks from the range of engineer capabilities can have influences on other engineer capabilities. For example the EOD/C-IED tasks will have an impact on mobility capabilities).

Maintaining an accurate MECOP is complex and difficult. Information Management contributes to the information superiority, necessary for an accurate MECOP. Engineer information management should be considered as a component of all C2 systems within MILENG. Engineer information management will be the provision of relevant information to the right person at the right time in a usable form to facilitate SU and decision-making. It will use procedures and information systems to collect, process, store, display, and disseminate information. Engineer information management will provide the structure to process and communicate engineer information and to put decisions into action. The adequate engineer staff plays main role in the process of creating MECOP, helping to SU and enabling information superiority.

Situational understanding

To have right/relevant information to the right person at the right time and place in a usable form facilitates SU and decision-making processes.

To help the process of SU it is useful to create some special products where military engineer specialists apply analysis and judgement according to different conditions. They can facilitate decision-making process by identifying opportunities for mission accomplishment, threats to mission accomplishment and the force, and gaps in information. Engineer specialists

(commanders and chief engineers) use situational understanding for C2, where execution information (plans and orders) play important role. The plan elaboration of an MILENG support should follow the normal method of an estimate, but certain aspects peculiar to engineers need emphasis. These are:

- Obtaining Information. The engineer commanders or engineer coordinators must base their decisions on the best possible information. This will come through engineer channels, from the tactical commander and his staff and from supported units but it may take time;
- MILENG subject matter expert (SME) analysis, assessments developing and relevant advices/recommendations providing. During this process is an advantage to have possibility to simulate an influence of different aspects and circumstances which could happen or we can predict, including cases of a contingency;

Military Engineer Support to Knowledge Development⁶

Knowledge Development (KD), as outlined in the BI-SC 7concept, is a process where information is collected, fused and analysed to create “actionable” knowledge which is then made accessible across the staff, coalition, Alliance, as required.

KD is a continuous, adaptive and networked activity carried out at strategic, operational and tactical levels of command. It provides commanders and their staff with a comprehensive understanding of complex environments, including the relationships and interactions between systems and actors within the engagement space. These systems may include but are not limited to politics, military, economy, society, infrastructure and information (PMESII) domains. This approach enables the Commander and staff to better understand possible effects of military, political, economic and civil actions on different systems and actors within the engagement space. KD primarily supports decision making throughout the different phases of NATO’s Crisis Management Process

Engineer information is unprocessed data, which may be used in the production of intelligence and knowledge. It may come from many sources including maps, satellite imagery, reconnaissance, POWs as well as military and civilian sources. The engineer must identify information requirements to the HQ staff for inclusion in the intelligence collection plan.

Engineer Support to Knowledge Development. In the current Operating Environment, Engineer Information supports both the traditional Intelligence process and the wider Knowledge Development process. It plays a fundamental role in the successful planning of military operations. Engineer information may be collected and reported by all arms/branches, by intelligence gathering services as well as by dedicated engineer reconnaissance. Once reported, information is collated and managed by engineer staff elements. Many items of engineer information are of interest to other arms/branches, intelligence services and agencies and the ability to exchange information within, and between, headquarters is required.

A structured sequence or process is needed to identify the information and intelligence requirements, gather the relevant information, process them into a product and disseminate them to those who need it. This need for a structured approach is satisfied by a four-stage-sequence consisting of Direction, Collection, Processing and Dissemination. The so called “Intelligence-Cycle” is the foundation for all intelligence activity. These phases are discrete

⁶ The first study draft 2 of ATP-3.12.1 (A) ALLIED DOCTRINE FOR TACTICAL MILITARY ENGINEERING

⁷ Bi-SC, Knowledge Development, Pre-Doctrinal Handbook, Final Draft 22 SEP 2009

operations and they culminate in the dissemination of the required intelligence product. The integration of engineer staffs and information into this Intelligence Cycle is critical.

Engineer support to Knowledge Development is very wide-ranging in its scope. It may encompass the operational capabilities of friendly and enemy forces, the terrain, the weather, geographic information as well as information on infrastructure, utilities and resources needed to conduct operations. It can be considered as both a product and a process that supports the following functions:

- Force Generation. Engineer support to Knowledge Development informs the force generation process by allowing the engineer commander to advise on and plan the optimal engineer force structures for particular operations paying regard to terrain, tasks and enemy;
- Intelligence Preparation of the Battlefield (IPB). The purpose of IPB is to help commanders to refine their intelligence requirements, identify decision points and to inform the Operational Planning Process. Within this process the engineer focuses on the terrain aspects of Battlefield Area Evaluation (BAE);
- Situational Understanding. Engineer information adds to the overall situational understanding with particular emphasis on terrain and the capability of enemy engineers. Modern technology offers considerable benefits in ensuring engineer situational understanding information is rapidly and accurately reflected in a complete all arms/branches or joint picture.
- Joint Targeting Process. Engineers can contribute to the joint targeting process by input to the selection of targets, aiming points, and Battle Damage Assessment (BDA);
- Force Protection. Engineers can add considerably to force protection planning and implementation by examining how the enemy could exploit the terrain and what actions our own forces could take to reduce or negate potential enemy action.

FORCE PROTECTION IMPLICATIONS

Survivability

Survivability is closely connected with Force Protections. If we want to survive, we have to make relevant Force Protection⁸ precautions. Survivability includes all aspects of physically protecting personnel, weapons, and materiel from the effects of enemy weapon and detection systems. It may also include deception measures. One of the basic terms for solving survivability problems and developing appropriate solutions is the Threat.

All arms/branches are responsible for their own immediate survivability requirements. Engineers will augment and enhance unit survivability measures within the limits of available resources and the priorities of the commander. Engineer effort will be concentrated on tasks requiring specialist skills or equipment. Survivability measures begin with the use of all available concealment and cover, followed by digging and constructing fighting and protection positions.

The main engineer survivability tasks are:

- Assistance in the preparation and construction of field fortifications;
- Assistance in the hardening and construction of protective infrastructure works;
- Assistance with camouflage, concealment and deception;

⁸ Force Protection. "Measures and means to minimize the vulnerability of personnel, facilities, materiel, operations and activities from threats and hazards in order to preserve freedom of action and operational effectiveness thereby contributing to mission success." (AAP-6, Jun 2004)

- Assistance in the clearance of fields of fire;
- Managing the explosive threat.

Managing the explosive threat⁹ are those tasks related to minimizing the threat posed by all kinds of explosive devices, both manufactured and improvised, to friendly forces. This includes all actions from providing advice and engineer intelligence to deliberate actions such as disposal, search and EOD/C-IED clearance.

Military Engineering support to Force Protection capabilities

The Allied Joint Doctrine for Force Protection (AJP-3.14) (2007) provides the basis for developing both strategic and operational FP plans, and for its effective implementation through FP directives, and instructions. It forms the cornerstone of NATO FP doctrine that is essential to the protection of personnel, facilities, material, operations, activities and information, wherever NATO forces may be employed. The doctrine distinguishes six special parts of NATO Force Protection Capabilities (Figure 3).

Military Engineering Support to Force protection is considered as a special part of six defined capabilities, but military engineers are not involved only within this box rather provide support in many other areas. FP involves coordinating the activities of a large number of specialist areas, each with their own plan and priorities. This is not a simple task and Military Engineers must support the efforts to integrate these capabilities. From the one point of view, MILENG support to Force Protection would be defined as “those MILENG activities whose special purpose is the minimization of the risks to a force’s assets and preserve its operational effectiveness, from the actions of an adversary as well as occupational/environmental hazards.”



Figure: 3 NATO Force Protection Capabilities¹⁰

⁹ Note: This task is not exclusively executed as a survivability task, it is often conducted as a mobility task when the explosive threat hinders Freedom of Movement (FOM) of friendly forces.

¹⁰ Note: AJP-3.14

The “Military Engineering Support to FP” capability would be divided into following relatively independent sorts of capabilities.

- Protective Infrastructure. This includes all the infrastructure related measures that contribute to FP. This includes the planning, design, construction and maintenance of all infrastructure and facilities to include appropriate blast and ballistic protection. It also includes consideration of appropriate safety distances within a camp layout;
- Fire Protection. Fire Protection includes the design and construction of fire prevention and suppression systems within infrastructure. It includes the development, implementation and monitoring of a fire safety program within a camp, including training. It also includes fire response capabilities;
- Explosive Ordnance Disposal. EOD is often required to contribute to incident response and recovery activities. EO forces dispose of EO that threaten friendly forces and with their capabilities contribute to protection of personnel and materiel;
- Improvised Explosive Device Disposal. IEDD may be required as part of an incident response or recovery activity;
- Explosive Threats & Hazards Awareness. Military Engineers are responsible for the provision of awareness training to all force personnel on mines and other explosive hazards.
- Support to Countering-Improvised Explosive Device (C-IED). The support to C-IED includes IEDD (defeat the device) and IED awareness (education);
- Concealment and deception. This includes the planning, design and lay out of concealment and deception;
- Military Search. Military Search is an essential element of FP – both protecting coalition bases and enabling freedom of action and movement. Military Search provides assurance of potential “high level” targets during pre-planned events. It is also employed to safeguard disparate friendly or neutral factions in the area of operation (ATP-73);
- Route and Area Clearance. The focus of Route Clearance is mobility. Neutralization focus is both on EO and obstacles. Route and Area clearance leave residual risk.

NATO Force Protection Model¹¹

Force Protection Model. FP is an integrated process. It is aimed at applying controls and measures that contribute to tactical self-sufficiency to the lowest practical level. The NATO FP model applies the threat and vulnerability in the following steps (as it is shown in the Figure 4):

- Identify the assigned and implied tasks through mission analysis;
- Identify those assets that are critical to mission success (criticality assessment);
- Determine likely threats and hazards to personnel and those assets that are critical to mission success (threat assessment);
- Identify vulnerabilities that could be exploited by threats and the impact of incidents on the force’s effectiveness, thereby affecting mission success (vulnerability assessment);
- Determine the risks to mission success from an assessment of the ability of the threat to exploit identified vulnerabilities, and accidental and environmental hazards caused by human error, topography, climate, weather and the presence of TIM and endemic diseases that pose risks to personnel and critical assets (risk assessment);
- Identify and implement appropriate FP controls and measures to reduce risk to a level acceptable to command and calculate and monitor the residual risk or gaps in order to manage the mission (risk management). Willingness to accept risk is likely to be influenced by political constraints;

¹¹ Note: AJP-3.14

- Identify and implement incident response and recovery controls and measures, including the development and implementation of an emergency response and recovery plan (incident response and recovery);
- Maintain, reassess, and amend FP controls and measures throughout the mission (supervise and review).

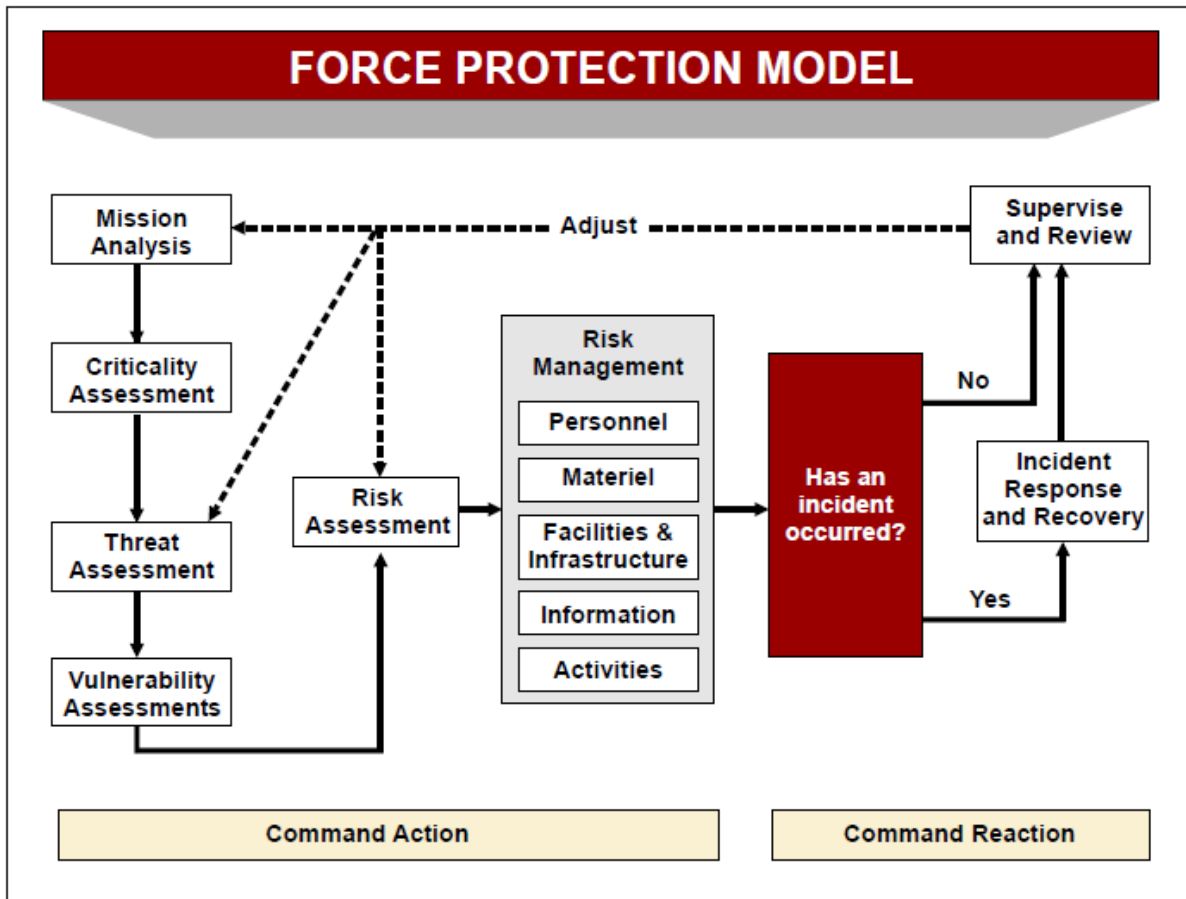


Figure 4: NATO Force Protection Model

Military Engineering supports all the steps in NATO model. Advice on critical infrastructure, assessment of adversary explosive capabilities, potential impacts of environmental hazards and advice on FP measures are but a few of the means by which Military Engineering supports this process.

Within the categories of Material and Facilities and Infrastructure, Military Engineers have much greater responsibilities. They are often primary planners and advisers and as also often responsible for the implementation of such measures for the force as a whole. This includes the ongoing maintenance and repair of FP facilities and infrastructure.

Military Engineers are sometimes required to provide advice on Procedural, Personnel and Information controls and measures in their capacity as advisors. As commanders and chief engineers they must ensure the implementation of controls and measures within their units.

Military Engineer input Risk Assessment is vital, particularly regarding categories of Adversary Emplaced Threats and Environmental Hazards. Military Engineers are responsible for the development of information and knowledge regarding all types of explosive hazards as well as many environmental hazards.

REFERENCES

1. Military committee policy for Military Engineering (MC 0560 (2008)) and MC 0560/1 (2012));
2. STANAG 2238 – “Allied Doctrine for Military Engineer Support to Joint Operations” – AJP-3.12(A) (2010):
3. AJP-3.12(B) “Allied Doctrine for Military Engineering”, “Study draft 3” (2012)
4. STANAG 2394 – “Land Force Combat Engineer Doctrine” – ATP-52(B) (2008):
5. ATP-3.12.1 “Allied Tactical Doctrine for Military Engineering”, “Study draft 2” (March 2012);
6. Joint Publication 1-02, Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms; US Army, 2012;
7. STANAG 2291 NATO Combat Engineer Glossary, AAP-19 (D) 2003.
8. Bi-SC, Knowledge Development, Pre-Doctrinal Handbook, Final Draft 22 SEP 2009
9. STANAG 2528 Allied Joint Doctrine for Force Protection - AJP-3.14; November 2007;
10. Mazal, J.; C2 in the Area of Military Engineering. In Proceedings of International Conference: New Challenges in the Field of Military Sciences 2009, Hungary, ISBN: 978-963-87706-4-6.
11. Mazal, J. About Military Engineer users‘ needs during the process of command and control within the frame of Network Enabled Capability. In Proceedings of International Conference: 11th. ITTE 2009 Czech Republic, ISBN: 978-80-7231-656-4 [in Czech].
12. Mazal, J., Military camps/bases building – engineer intelligence and reconnaissance implications; In Proceedings of International Conference: ICMT’10–IDEB’10 International Conference on Military Technologies, 2010, Slovak Republic.
13. Mazal, J., Military Engineering – Engineer Intelligence and Reconnaissance implications, In Proceedings of International Conference: DEFENCE TECHNOLOGY 2010, Hungary, ISSN: 1416-1443.
14. MAZAL, Jan, Military camps/bases building – decision-making process and engineer intelligence contributions; in proceedings of International conference on military technologies 2011, Faculty of Military Technology, University of Defence in Brno.

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások „A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

„The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund.”

Prof. Dr. Lukács László

A TÁMOP "Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások" projekt, „Nagy eregia sebességű alakítások – Robbantásos fémmegmunkálás” Kiemelt Kutatási Terület bemutatása

A kutatás előzményei, indokoltsága

Az Nemzetvédelmi Egyetem, Katonai Műszaki Tanszékén, közel két évtizede vizsgáljuk az S-Metalltech Kutató-fejlesztő Kft. munkatársaival közösen, a fémalakító robbantás és a plattírozás, katonai területen történő alkalmazhatóságát (élő, 2002 júniusában kötött kutatás-fejlesztési megállapodás van az Egyetem és az S-Metalltech Kft. között). Ezen belül kezdeti kísérleti robbantásokat végeztünk különböző átmérőjű elszakadt acélsodrony kötelek robbantásos javításával kapcsolatban. A kísérleti robbantások azt bizonyították, hogy külső munkahelyeken, a rendelkezésre álló robbanóanyagot és robbantási segédeszközöket alkalmazva, külön felkészültség nélkül, gyorsan elvégezhető a kis- és közepes átmérőjű drótkötelek javítása, hurok robbantásával a sérült részekre.

A honvédségi alkalmazáson kívül, a módszert eredményesen lehetne használni, a szintén acélsodronyt alkalmazó erdőgazdasági és villamos-ipari cégeknél, bányüzemekben, továbbá a katasztrófavédelmi feladatok során. A sérült, szakadt drótkötelek gyors helyszíni javításának, gyakorlati életben történő bevezetéséhez további kísérletekre, laboratóriumi ellenőrző mérésekre van szükség. A kutatás keretében ezt a munkát kívánjuk elvégezni.

Korunk villamos ipara, az autógyártás, a reaktortechnika, az orvosi műszer- és eszközgyártás feladat specifikus többkomponenses különleges anyagokat igényel. Az ilyen korszerű, előre meghatározott tulajdonságokkal rendelkező társított anyagok készítésénél az anyagrészecskék egyesítését, kötését nagy sebességű, nagy energiájú lökéshullámok segítségével lehet megoldani. A projekten belül, a fent jelölt feladaton túllépve, szélesebb körben kívánjuk vizsgálni a robbantásos fémmegmunkálás/alakítás polgári és katonai felhasználhatóságának területeit.

A kutatás célcsoportjai:

A hazai műszaki felsőoktatás oktatói és hallgatói, ezen belül különösen Nemzeti Közszolgálati Egyetem (NKE) jogelődjén, a Nemzetvédelmi Egyetemen (ZMNE) indított és az Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész- és Biztonságtechnikai Mérnöki Karán is folytatott Had- és Biztonságtechnikai Mérnöki alap és mesterszakok, valamint a Katasztrófavédelmi mérnöki mesterszak hallgatóinak képzése.

Az energiaellátás (villamos ipar, nukleáris ipar, hőtermelés) és egyéb gazdasági húzóágazatok (egészségipar, járműipar, stb.) terén dolgozó kutató-fejlesztő- gyártó intézmények.

A Magyar Honvédség szakalegységei (különös tekintettel a pontonos, hídépítő és hadihajós alegységekre), erdőgazdasági és villamos-ipari cégek, bányauzemekben, továbbá a katasztrófavédelmi feladatokat végrehajtó erők.

Az NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Műszaki Doktori Iskoláján, a nagy energia sűrűségű fémmegmunkálás/alakítás kutatása kapcsán.

A tervezett K+F+I tevékenységek

A nagy energia sűrűségű, ezen belül a robbantásos fémalakítás/megmunkálás hazai és nemzetközi alkalmazásának kutatása.

Az alakítási sebesség hatása az alakváltozásra: elméleti és gyakorlati K+F.

Két- és többretegű fémlamezek gyártási technológiáinak kutatása-fejlesztése (szoftver háttérrel támogatott műszaki-fizikai elméleti alapok és az elméleti eredmények kísérleti validálása).

Két és többkomponenses fém-fém és fém-kerámia porkeverékek gyártási technológiáinak kutatása-fejlesztése (szoftver háttérrel támogatott műszaki-fizikai elméleti alapok és az elméleti eredmények kísérleti validálása)

Fémcsövek kötési technológiáinak kutatása-fejlesztése (szoftver háttérrel támogatott műszaki-fizikai elméleti alapok és az elméleti eredmények kísérleti validálása)

Speciális alakú fémcső és fémlamez alkatrészek gyártási technológiáinak kutatása-fejlesztése (szoftver háttérrel támogatott műszaki-fizikai elméleti alapok és az elméleti eredmények kísérleti validálása).

Célzott kutatások, szakmai konzultációk:

- University of Defence, Faculty of Military Technology / Department of Engineer Technologies (Czech Republic, Brno);

- University of Defence, Faculty of Economics and Management / Department of Combat Support Management (Czech Republic, Brno);
- Project Center for Nanotechnology and Advanced Engineering (PC-NAE, a joint initiative of the Greek National Center for Scientific Research "Demokritos" and the Russian Research Center "Kurchatov Institute"), Athens, Greece;
- Bernhard Rieger Sprengtechnik (Tauberbischofsheim), Germany;
- NORMETALL GmbH. Germany.

A katonai és az ipari gyakorlatban használt kis- és közepes átmérőjű acélsodrony kötelekre, robbantással kialakított hurok elkészítési lehetőségeinek kutatása, különböző tulajdonságú fémcsövek alkalmazásával.

Az eredmények laboratóriumi vizsgálata:

- a metszetek elektronmikroszkópos vizsgálata (NKE);
- statikus és dinamikus szakítógépes vizsgálatok;
- A lehetséges végtermékek gyakorlati próbája a Magyar Honvédség szakalegységeinél.

A kutatások várható eredményei:

Technológiai adatbank a többkomponenses anyagok gyártására vonatkozó technológiai paraméterekkel;

Technológiai adatbank a különböző anyagú és geometriájú fémcsövek kötésére vonatkozó technológiai paraméterekkel;

Technológiai adatbank a speciális fémcső és fémlemez alkatrészek robbantásos technológiával történő gyártására vonatkozó technológiai paraméterekkel;

Egyetemi oktatási anyagok;

Robbantástechnológiai K+F bázis kialakításának tervdokumentációja;

Publikációk a kutatási tervek egyes részeredményeiről hazai és külföldi szakmai folyóiratokban.

Hazai és külföldi konferencia előadások (plusz cikkek a konferencia kiadványokban).

Protokoll kidolgozása a különböző átmérőjű drótkötelekre történő hurok robbantásra.

Nemzetközi kapcsolatok kiépítése a témával foglalkozó cseh University of Defence (Brno) két szakirányú tanszékének, a görög Project Center for Nanotechnology and Advanced Engineering Athens, Greece és a NORMETALL GmbH. Germany szakembereivel.

Prof. dr. Athanasios G. MAMALIS¹, prof. dr. Laszlo LUKACS² (CSc), Andras SZALAY³, Dr. Istvan ZADOR⁴ (PhD)

FÉMCSÖVEK ALAKÍTÁSA ROBBANTÁSSAL, NÖVELT HATÁSFOKÚ HŐCSERÉLŐ KÉSZÍTÉSÉHEZ⁵

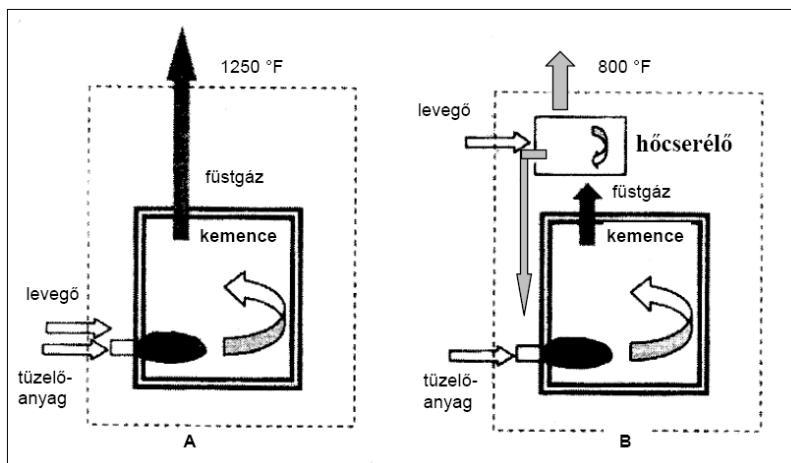
ÖSSZEGZÉS: A csőköteges hőcserélők hatásfoka nagymértékben javítható, ha a csöveken olyan dudorokat alakítunk ki, melyek a csőben áramló közeg turbulenciáját okozzák. Ezek a dudorok a célszerűen kialakított szerelésben elhelyezett acélcsövek robbantásos alakításával előállíthatók. Az előadás ismerteti az optimális csőalakok meghatározásának elvi módját és azt a robbantásos eljárást, mellyel az optimális alakok a gyakorlatban megvalósíthatóak.

Kulcsszavak: robbantás; csőalakítás, hőcserélő

BEVEZETÉS

Melegebb közeg entalpiájának egy meghatározott részét nála hidegebb közegnek átadhatja. E hőátvitel célszerű berendezése a hőcserélő. Szénhidrogén energiahordozók használatakor a fűtéshez szükséges hőenergia jelentős hányadát teszi ki a füstgázzal távozó hő veszteség. Egyes esetekben hőcserélőkkel ezek a veszteségek visszanyerhetők. A hőcserélők által visszanyert hőt a színes- és könnyűfém öntvényekben, hőkezelő berendezésekben, gázkazánoknál hasznosítják.

A megfelelően méretezett és gyártott hőcserélők alkalmazásának gazdasági előnyeit az alábbi példával szemléltetjük (1. ábra).



1. ábra: Hőcserélő nélkül (A) és hőcserélővel (B) üzemeltetett kemence

Az 1A ábrán látható földgáztüzelésű kemence a környezetből szívja be az égéshez szükséges levegőt és magas hőmérsékleten bocsátja ki az égéstermékeket. A nagy hőmérsékletű füstgázok 20–40% energiát visznek el a kemencéből. Egy hőcserélő berendezés, pl. egy rekuperátor,

¹ National Center Scientific Research „Demokritos” (Athén, Görögország)

² Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar

³ S-Metalltech 98 Anyagtechnológiai Kutató-fejlesztő Kft.

⁴ S-Metalltech 98 Anyagtechnológiai Kutató-fejlesztő Kft.

⁵ Robbantástechnika (HU-ISSN 1788-5671) konferencia kiadványban megjelent cikk másodközlése, pp.153-164.

vagy regenerátor beállításával visszanyerhető a füstgázok energiája és felhasználható az 1B ábrának megfelelő módon a beérkező friss levegő előmelegítéséhez. A rekuperátor és regenerátor olyan hőcserélő berendezések, amelyeket korábban a kemencehatásfok javításához használtak fel. A rekuperátorban a hőátadás vezetéssel és konvekcióval, általában a két áramló közeget elválasztó médiumon keresztül valósul meg. A regenerátorban egy másik közeg tárolja az átadott energiát és a tároló közegen keresztül váltakozva halad át a forró közeg, valamint a hideg levegő. Bármelyik berendezés beiktatása megnöveli a kemencén a nyomásesést, fokozza a légfúvó által megkívánt teljesítményt. A rekuperátor gyakran némi módosítással a kemence kiáramló rendszeréhez csatlakoztatható: a kéményhez, vagy a levegőbeszívó vezetékekhez és az égéslevegőt tápláló fűvóhoz. A forró gázok függőleges irányba távoznak és a friss levegő a csöveken keresztül áramlik az égéstérbe. A regenerátor hatását általában mozgó alkatrészekkel, vagy szakaszos tüzeléssel fokozzák. A hőcserélő típusától függetlenül a hatásfok javítása érdekében szabályozásra is szükség van. A szabványos égők általában 200–300 °C-ra előmelegített levegővel táplálhatók, módosításokkal egészen 425 °C hőmérsékletig is alkalmazhatók. Magasabb hőmérsékletű előmelegítést tesznek lehetővé a tökéletesített égők és a módosított levegőkezelő berendezések.

Ebben az esetben a füstgázhőmérséklet 680 °C. A hőcserélő mérete fontos, mivel ez határozza meg a berendezés költségét és az elérhető megtakarítást. Amennyiben egy vállalat földgáztüzelésű kemencét használ alumíniumolvasztáshoz és a teljes felhasznált energia 70%-át fordítja erre a műveletre, egy nagyjából 10 m² felületű hőcserélő beiktatásával 14% energiát takaríthat meg. [1]

A HŐCSERÉLŐK MÉRETEZÉSI ALAPJAI

A hőcserélő csöveit úgy kell megválasztani, hogy a lehető legjobb hőátadási együtthatót eredményezzék. Ez egyrészt azt jelenti, hogy a csövekben turbulens áramlás valósuljon meg, másrészt a hőkonvekció ne legyen jelentősen eltérő a csőfaltól távolabbi folyadéktér és a csőfal között. Mindkét célt a kisebb átmérőjű, vékonyabb csövek biztosítják. A hőcserélő összes geometriai méretének meghatározása alatt csőátmérők, a csövek közötti távolság, a csövek hossza és a köpenyátmérő meghatározását értjük. A csövek méretét a belső áramlási tulajdonságok, a csövek közötti távolságot pedig a külső áramlási tulajdonságok határozzák meg. A csövek hosszát a hőátadáshoz szükséges felületről állapítjuk meg.

A folyamatokat különféle, általában dimenzió nélküli viszonyszámokkal lehet leírni, amelyek felfedezőjük, az áramlástan nagy tudósainak nevét viselik.

A Nusselt-számot a $h \cdot d/k$ képlet írja le, ahol h a konvektív hőátadási tényező, d a cső átmérője és k a hővezetési tényező. Minél nagyobb ez a szám, annál jobb a hőátadás.

A Prandtl-szám az impulzus molekuláris diffuzivitásának (ν , kinematikai viszkozitás) és a hő molekuláris diffuzivitásának (α) hányadosa. Ez tulajdonképpen az áramló folyadék mechanikai és hőtani viselkedését veti össze.

A Reynolds-szám az áramló anyagban fellépő tehetetlenségi erők és belső súrlódási erők hányadosa: $v \cdot d/\nu$, ahol v az áramlási sebesség, d a cső átmérője és ν (görög nú) a kinematikai viszkozitás.

A HŐCSERÉLŐK HATÁSFOKÁNAK JAVÍTÁSA

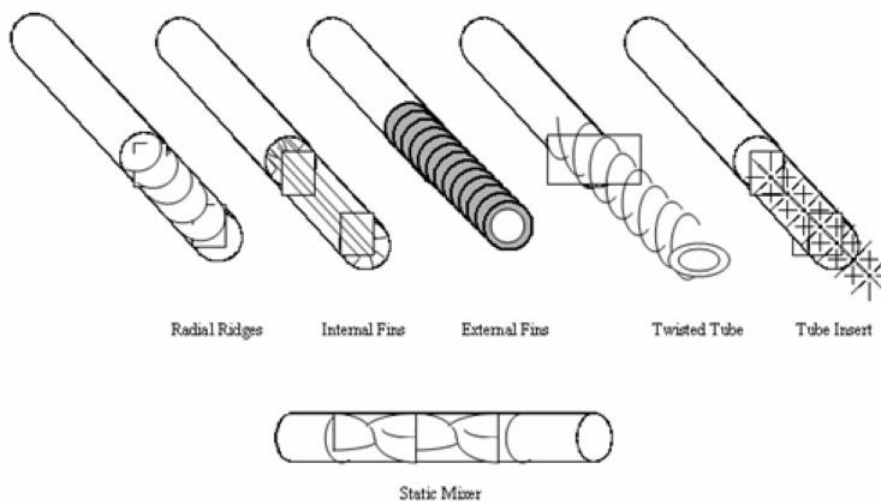
A nagyobb hőátadási tényező kisebb hőátadó felületek alkalmazását teszi lehetővé, ezzel anyagmegtakarítást és kisebb méreteket lehet elérni. A hőcserélőkben a leggyakoribb elem a csővezeték, amelyben áramolva adja át a folyadék a hőt a cső falán kívüli közegnek. A csőve-

ken különféle geometriai módosításokat végrehajtva a hőátadás fokozható, ennek viszont a nagyobb nyomásesés és áramoltatási energiaigény az ára.

Sok esetben a méretek korlátozottak, illetve a felhasznált anyagmennyiséget mind a takarékoság, mind a tömeg lehető legkisebb értéken tartása miatt korlátozni kell. Ez a hőátadási tényező növelésével érhető el, amit viszont a fizikai (tömeg-szállítási és hőtani) folyamatok határoznak meg. Bármennyire is elterjedt és hétköznapi eszközökről van szó, tervezésük és méretezésük nem egyszerű feladat, mivel a tömegáramlás lehet lamináris és turbulens is, a hőátadás leírása pedig igen bonyolult és erős kölcsönhatásban van a tömegáramlással.

Általánosságban úgy lehet megfogalmazni a jelenséget, hogy a cső belsejébe valamilyen akadályt helyezve az csökkenti az áramlás számára rendelkezésre álló keresztmetszetet, ami a nyomásesés növekedését okozza. Általában az áramlási sebesség csökken, a fő áram mellett másodlagos áramlás is kialakul, amely hasznos a hőátadás szempontjából, mert megkeveri a csőben áramló folyadékot, ez növeli a hőmérsékleti gradienst és ezáltal a hőátadást. A betétek, akadályok sokfélék lehetnek: csavart szalag, spirális huzaltekerics, bordák, háló. A csavart szalag esetén a cső belsejébe egy megcsavart lemezt helyeznek el (2. ábra). Bármennyire is egyszerű megoldásnak néz ki elsőre, számos változatát dolgozták ki és vizsgálták a kutatók, mint egyenletes menetemelkedés a cső egész hosszában, egyenletes menetemelkedés, csak a cső egy részében van szalag, egyenletes menetemelkedés, több szakasz-ban van szalag, változó menetemelkedés a cső egész hossz-szában: általában nő az áramlás irányában és a változó menetemelkedés több szakaszban. A huzaltekerics esetén (2. ábra) a cső belső felszínére huzalt fektetnek spirális alakban. A csavart szalag esetén felsorolt összes kialakítási változatot itt is meg lehet valósítani. A huzaltekerics jellegénél fogva csak a cső falának közvetlen közelében fejti ki hatását, a cső belsejében zajló áramlásra alig van, vagy egyáltalán nincs hatása.

Számos kísérletet folytattak az eddig tárgyaltaktól eltérő geometriájú betétekkel is. Például 45o-os szögű bordák elhelyezése négyzetes keresztmetszetű légcsatornában két egymással szemben fekvő falon 260–300%-kal megnövelte a hőátadási tényezőt. Természetesen a bordák számos geometriai elrendezése szóba jöhet, a vizsgálatok a 45o-os szöget mutatták optimálisnak. A bordák keresztmetszetének formája ugyanakkor nem játszott lényeges szerepet. Hatékony a hőátadás szempontjából a csövek külső és belső felületének érdesítése és mélyedések, hornyok kialakítása is. Az érdeség mértéke, illetve a hornyoknak a csatorna belméretéhez viszonyított nagysága adott elrendezésnél optimumot mutat, vagyis az optimumnál kisebb és nagyobb mértékű beavatkozás egyaránt lerontja a hatást.



2.ábra: Hatásfokjavítási megoldások

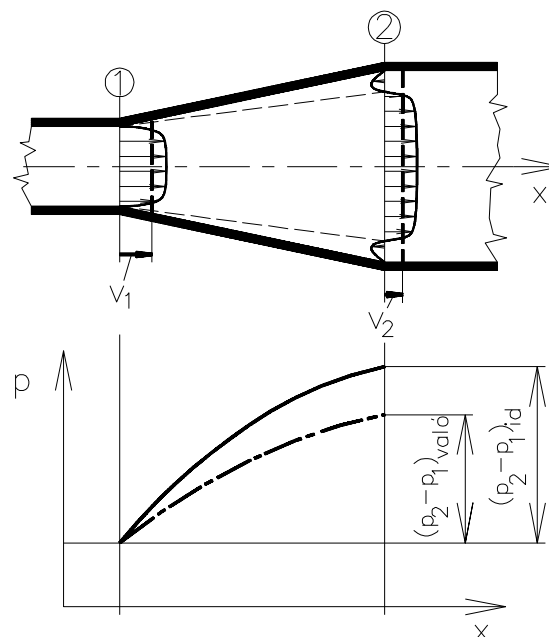
CSÖKÖTEGES HŐCSERÉLŐK HATÁSFOKNÖVELÉSE BÜTYKÖK KIALAKÍTÁSÁVAL

A csököteges hőcserélőknél a köpenytér áramlási keresztmetszete mindig nagyobb, mint a csőtéré. A hőcserélőben áramló közegek áramlását úgy kell megszabnunk, hogy sebességük a minél jobb hőátvitel céljából elegendő nagy legyen. A sebesség növelésének azonban határai vannak, mert növekvő sebességnél a hőcserélő ellenállása, ill. az áramló közeg nyomásesése rohamosan növekszik (általában a sebességgel négyzetes arányban), ami nagyobb szivattyúzási vagy fűvási energiát igényel. A konstrukciót úgy kell megválasztani, hogy az áramlási sebesség folyadékok esetében a csőtérben és a köpenytérben egyaránt 0,5...2 m/s legyen.

Gázok esetében a tömegsebesség célszerű nagysága 6000...80 000 kg/(m²·h). A hőcserélő technológiai méretezése rendszerint csak a kiindulási feltételek ismételt ellenőrző számításával oldható meg. A készülék szerkezeti kialakítása (csőszám, csőméret, csőosztás, terelőméret stb.) adott terhelési viszonyok esetén meghatározza a készülék „k” hőátviteli együtthatójának értékét, amelyet összehasonlítva a feltételezett kiindulási „k” értékkel, a számolást addig kell folytatni, amíg a két érték közötti különbség bizonyos határon belül nem lesz. Általában a legkedvezőbb kis ellenállású hőcserélő az egyjártú.

Egyjártú a hőcserélő, ha a csövekben áramló közeg az egyik fejen lép be és a másikon távozik. Ugyanúgy a köpenytérben a köpeny egyik végén elhelyezett csonkon lép be a megfelelő közeg és a másik végén levő csonkon lép ki. Mivel azonban a csövek gyártástechnológiai okból korlátozott hosszúságúak, nagyobb hőcserélő-felület létrehozására kénytelenek a csökötegeket több párhuzamos csoportra - járatra - osztani. Csököteges hőcserélő két-, négy-, hat-, nyolc-, valamint többjártúra is építhető. A járatok számát lehetőleg ne növeljük, mert az egyik járatból a másikba való átfordulás a fordulókamrákban a nyomásvesztéséget jelentősen növeli.

Áramlás diffúzorban



3. ábra: Áramlás és nyomásmegoszlás diffúzorban

Vizsgáljuk meg az áramlást egy diffúzorban, amely egy, az áramlás irányában növekvő keresztmetszetű csőidom (3. ábra). Súrlódásmentes esetben a diagramon látható folytonos vo-

nalnak megfelelő lenne a közeg lassulásával összefüggő nyomásnövekedés. Ez az “ideális” nyomáskülönbség a Bernoulli-egyenlet alkalmazásával:

$$(p_2 - p_1)_{id} = \frac{\rho}{2}(v_1^2 - v_2^2) \quad (1)$$

Valóságban a diffúzor fala közelében a nyomásnövekedéssel szemben áramló folyadékreszek a sűrűlódás következtében még rohamosabban lassulnak, mint a faltól távoliak, a határréteg gyorsan vastagodik, esetleg leválás következik be. Emiatt a kiömlő keresztmetszetben nem egyenletes a sebességmegoszlás (amit a Bernoulli-egyenlet felírásánál feltételeztünk), a fal közelében vagy visszaáramlás, vagy jobb esetben is kiterjedt, kisebb sebességgel jellemezhető zóna van.

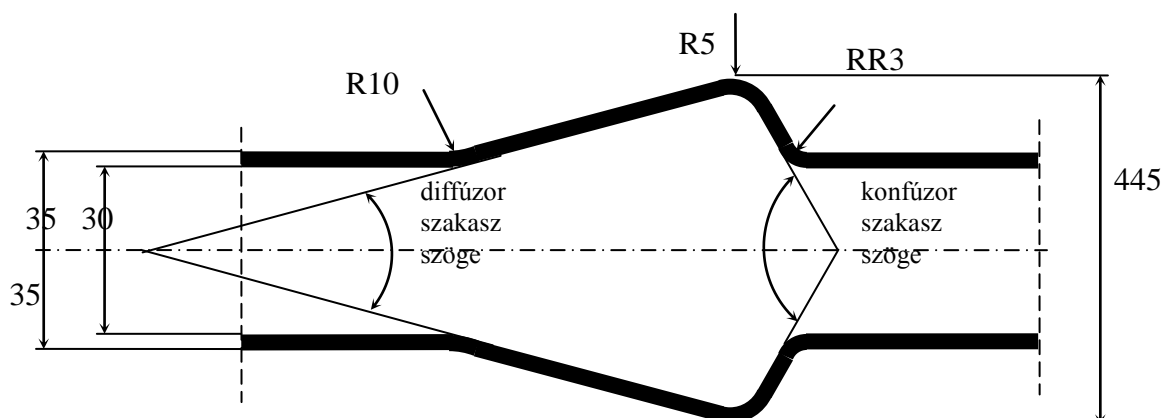
Ennek következtében a diffúzor középső részén a keresztmetszet-viszonyból a kontinuitás segítségével számolható v_2 átlagsebességnél nagyobb a nyomás szempontjából mértékadó sebesség, azaz a $(p_2 - p_1)_{való}$ valóságos nyomásnövekedés nem éri el a sűrűlódásmentes áramlás esetén számítottat. A diffúzor működését az η_{diff} diffúzor hatásfokkal szoktuk jellemezni, amely a valóságos és a sűrűlódásmentes közeghez tartozó (ideális) nyomásnövekedés hányadosa:

$$\eta_{diff} = \frac{(p_2 - p_1)_{való}}{(p_2 - p_1)_{id}} \quad (2)$$

A leválást a nyomásnövekedés rohamosságának csökkentésével (pl a diffúzor kúpszög csökkentésével, a csőív sugarának, vagy egy áramlásba helyezett test homlokfal körüli éleinek lekerekítésével) lehet megszüntetni. Másik módszer a határréteg turbulenssége tétele. A turbulens impulzuscseréje ugyanis energiát közvetít a faltól távolabbi, nagyobb sebességű rétegekből a fal közelében áramló rétegekbe.

A hőátadás javítására tervezett diffúzor-konfúzor csőszakasz

Az előző pontban tárgyaltak figyelembe vételével az 4. ábra szerinti geometriát terveztük a csövekben áramló közeg turbulenciájának kialakítására és egyúttal a hőátadó felület növelésére.



4. ábra: A „Golyva” geometriája

A csöveken kialakítandó alakokat a szakirodalomban elterjedt terminológiával „golyvának” nevezzük.

GOLYVÁS HŐCSERÉLŐ CSÖVEK KÉSZÍTÉSE ROBBANTÁSOS CSŐALAKÍTÁSSAL

A hőcserélő csöveket 4301 varratnélküli, hidegen hengerelt korrozioálló acélcsőből készítettük. A megkívánt geometria kialakításához min. 21-23 kJ energiát kell felszabadítani a cső belsejében. A számított energiaértéket elektromágneses alakítással nem tudjuk elérni, ezért az acél anyagú golyvás cső készítéséhez a robbantásos csőalakítási technológiát alkalmaztuk. A megadott golyva elkészítéséhez a kiindulási külső csőátmérő 30%-os alakváltozását kell elérni, nagyobbat, mint amennyit az adott anyagú csőnek szabvány szerint el kell viselnie. A szabvány szerint ennek a csőnek a külső átmérő 12%-os feltágítását kell elviselnie. Eddigi munkánk során azt tapasztaltuk, hogy a nagysebességű nyomáshullámokkal végzett műveleteknél az anyagok alakíthatósága jobb, mint a hagyományos alakításoknál, melyek deformációsebessége a 10-2 - 102 1/s tartományba esik.

Ezen tapasztalatainkat a szakirodalom adatai is alátámasztják. Budzinsky [4] acélcsövek tágítására végzett méréseinél, a detonációsebesség hatását vizsgálta a csőtágítási együtthatóra vonatkozóan. Tágítási együttható:

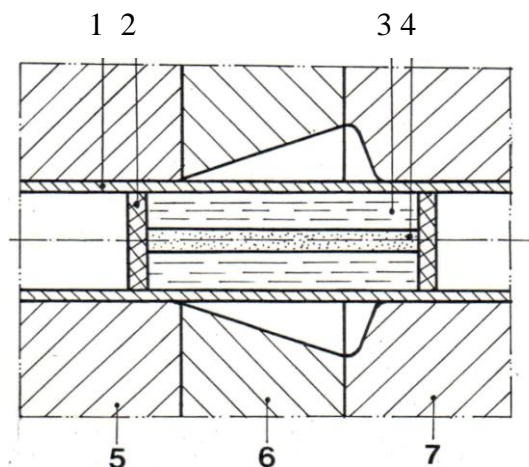
$$k = \frac{d_k}{d_o} \quad (3)$$

ahol d_k = a tágítás utáni külső csőátmérő, d_o = a tágítás előtti külső csőátmérő

Anyag	Sajto lt Hexogen	Plasztik	Porított Hexogen	Niropenta robb.zsinór
detonációsebesség m/s	8000	7700	7500	6000
k tágítási együttható	1,2	1,22	1,23	1,27

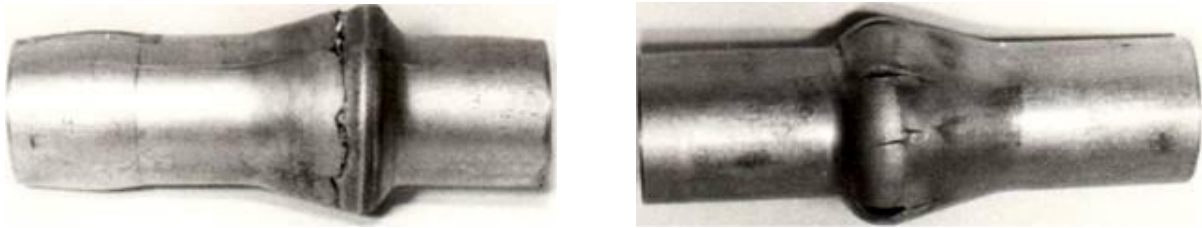
1. táblázat: Robbanóanyagok detonációsebességének hatása a csőtágításra

Fentieket figyelembe véve kísérlet sorozatot végeztünk a golyvák egy művelettel történő kialakítására. A kísérleteket az 5. ábra szerinti elrendezésben végeztük. A csövek belsejében felszabadított energia nagysága: 25 kJ.



5. ábra 1 – alakítandó acélcső, 2 – robbanóanyag tájoló elem, 3 – nyomásközvetítő anyag (víz), 4 – robbanóanyag, 5, 6, 7 - szerszámbetétek

Az egy golyva kialakítására irányuló kísérletsorozat azt bizonyította, hogy hidegalakításnál a ~ 30 % alakváltozást az alkalmazott acélsanyag még nagysebességű alakításnál sem viseli el roncsolódás nélkül (6. ábra).



6. ábra

Ezért a következő kísérletsorozatot kisebb energiataralmú töltetekkel végeztük (20 g/m –es robbanózsín). Ily módon egy lépésben - a kiindulási csőátmérőhöz viszonyítva – 15-17 %-os alakítást végeztünk. Az első tágító művelet után a munkadarabot lágyítottuk, és az ezt követő tágítással alakítottuk ki a végleges méreteket (7. ábra).



7. ábra

A kísérletsorozat tapasztalatai alapján megterveztük és legyártottuk azt a szerszámot, mellyel a megadott geometriának megfelelő, 4 db golyvát tartalmazó csőszakasz elkészíthető (8. ábra).



8. ábra A csőalakító szerszám betétgarnitúrája

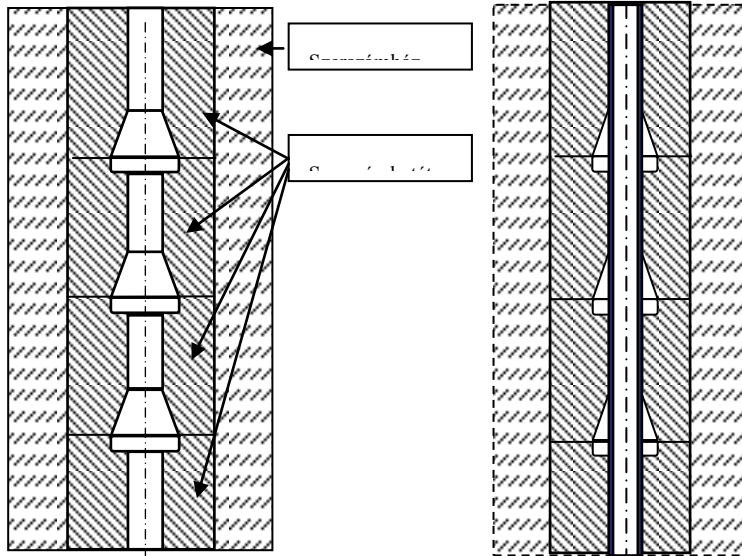
GOLYVÁS HŐCSERÉLŐ CSÖVEK GYÁRTÁSA

Az alakítandó hőcsereelő cső mintadarabok adatai:

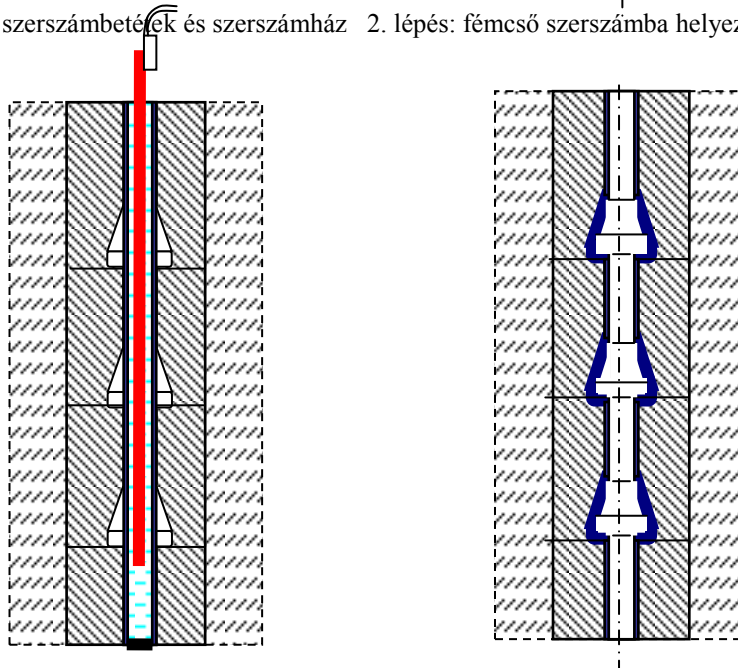
- Anyagminőség: 4301 varratmentes ötvözött acélső, alakítás előtt lágyítva.

- A lágító hőkezelés paramétereit:
 - Hevítés 1060 °C-ra, hőtartás 30 perc
 - Hűtés vízben
 - Lágítás előtt a csövön mért keménység 185HV30
 - Lágítás után a csövön mért keménység 160 HV30
- Geometria: Ø35/ Ø30 x 480 mm

A golyvás hőcserélő csőszakaszok gyártásának lépéseit a 9. ábrán mutatjuk be.



1. lépés: szerszámbetétek és szerszámház 2. lépés: fémcső szerszamba helyezése



3. lépés: robbanószinór elhelyezése a fémcsőben 4. lépés: golyvák kialakítása a fémcsövön

9. ábra A golyvás hőcserélő cső gyártásának lépései

A négy golyva alakítására tervezett és gyártott szerszámbetét garnitúrát a beljük elhelyezett acélcsővel együtt egy szerszámházban rögzítettük (10. ábra), majd a robbanószinórt elhelyeztük a cső belsejében (11. ábra)



10. ábra



11. ábra



12. ábra: A cső a második tágitó robbantás után

A GOLYVÁS HŐCSERÉLŐ CSÖVEK HŐTECHNIKAI MÉRÉSE

A hőcserélő csövek méréseit az erre a célra épített mérőberendezéssel végeztük. A vizsgálat-hoz egy golyvás- és egy sima referencia csőből építettük meg a mérőberendezést.

A forró levegőt két elektromos fűvóval állítottuk elő, melyek a bevezető áramlást stabilizáló csőszakaszhoz csatlakoznak. A bevezető sima csövekben hidraulikailag és termikusán is kialakul a levegő áramlás jellege. A mérőszakaszba belépő forró levegő hőmérsékletét Ni-NiCr köpeny hőelemekkel mérjük. A golyvás cső és a sima referencia cső mérőszakasza azonos hosszúságú. A mérő- és referenciszakasz kilépő vége előtt a csőfalba beépített köpenyhőelemekkel mérjük a felületi hőmérsékleteket. A vizsgált szakaszban áramló forrólevegő hőmérsékletét csupaszított (vékony) hőelemmel mérjük. A termoelemek referencia hőmérsékletét a csatlakozó sorkapocsnál KTY83 érzékelővel mérjük.

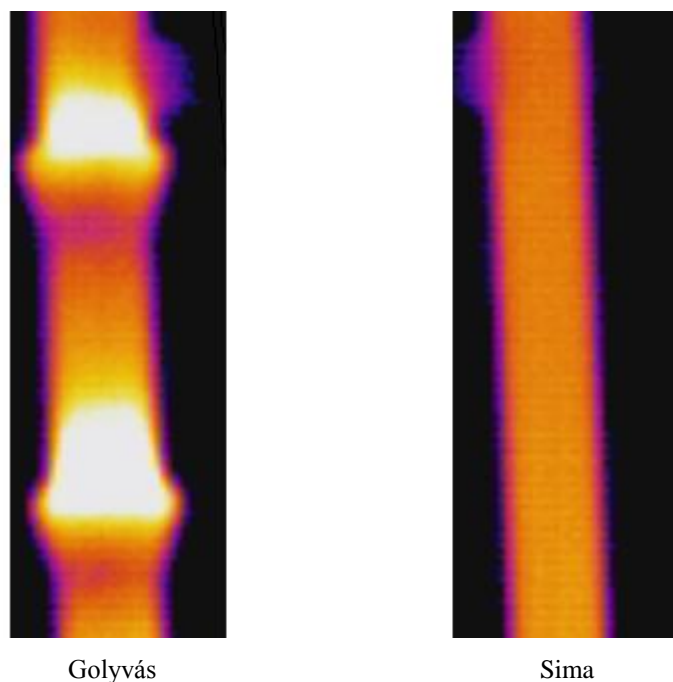
A termoelem érzékelők feszültségét egy KD9 16bit felbontású A/D átalakítóval RS485 konverzió után PC-n futó VISION adatgyűjtő program segítségével regisztráljuk. A hat hőmérsékletet időszorként EXCEL fájlban dolgozzuk fel. A hőkamera által készített képsorozatot (filmet) a PC-n futó VELOCITY program segítségével rögzítettük.

Az egyes mérések előtt a mérőberendezést a laboratórium ajtaja elé helyeztük a lehűtés érdekében. A mérést a helyiségnél hidegebb mérőberendezésen kezdtük.

A hőkamerás megfigyeléseket hőmérsékletre nem értékeltük, tekintettel a beépített termoelemekre, melyekkel gyorsabban jutottunk számszerű eredményre.

A mérőberendezés bekapcsolását követően a környezetnél kicsit hidegebb csövek melegeését 1 kép/s sebességgel rögzítettük a hőkamerához kapcsolt PC-n.

A 13. ábra képe illusztrálja a hideg csövek felmelegedését a belső áramlás hőátadása következtében. A két különböző megjelenítésen azonos jelleg figyelhető meg: A golyva diffúzor szakaszán lecsökken, majd a konfúzorba lépéskor erőteljesen megnő a cső felületi hőmérséklete, ami a hőátadási tényezővel arányos. A konfúzor után kb. egy átmérővel a hőátadási tényező a sima csőéhez kezd hasonlóná válni. Két átmérőnyi hossz után a hőátadási tényező már a sima csőhöz képest kisebb felmelegedést okoz a golyvás cső falában.



13.ábra: Bekapcsolás után 49 s időpont

A 13. ábra képe alapján megállapíthatjuk, hogy a golyva konfúzor szakaszát követő kb. egy átmérőnyi hosszban a hőátadási tényező nagyobb, mint a sima cső esetén. A golyva előtti szakaszon pedig a hőátadási tényező kisebb, mint a sima cső esetén.

A cső egészére vonatkozóan ebből az információból annyi következtetést vonhatunk le, hogy globális vizsgálat szükséges a hőátadás növelés hatékonyság megítélésére.

Ez a megfigyelés a szakirodalomban megtalálható megoldásokban fellelhető eredményt mutat: A golyvák egymás után kell ismétlődni a hőátadás növekmény eléréséhez.

A GOLYVÁS CSŐ TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGE

A kísérleti vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a golyvák után kb. egy átmérőnyi hosszban jelentős hőátadási tényező növekedés jön létre. Ezen csőszakaszt követően a hőátadási tényező csökken, és az a golyva előtt a sima csőhöz képest is kisebb értéket mutat.

Az átlagos hőátadási tényező az átadott geometriájú golyvás csőre nem ad lényegesen különböző értéket a sima csőhöz képest.

A golyvák sűrítése és alakjának optimalizálása valószínűleg jelentős növekedést eredményez a konvektív hőátadási tényezőben. A robbantásos technológia lehetőséget ad az alak optimalizálására (14. ábra). Mindenképpen fontos lenne két sűrített golyvájú cső változattal megismételni a hőkamerás vizsgálatokat, hogy a legkedvezőbb konstrukció kialakítható legyen.

A hőcserélőkhöz kidolgozott növelt hőátadású csövekkel el lehet érni 10-15% csőhossz megtakarítást, ami anyagárban és beépítési költségben is előnyként jelentkezhet.

A golyvás csőből tervezendő hőcserélő méretezéséhez nélkülözhetetlen vizsgálatok elvégzéséhez meg kell építeni a korrekt vizsgáló berendezést. A Reynolds és Prandtl szám függvényében meghatározott hőátvivő képesség alapján lehet csak korrekt méretezési segédletet készíteni.



14. ábra Robbantással készített hőcserélő cső változatok

IRODALOM

1. Fémöntészeti berendezések energetikai értékelésének tapasztalatai, Műszaki–Gazdasági Kiadványok Osztálya: mgksz@info.omikk.bme.hu
2. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, ÚTMUTATÓ AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKA MEGHATÁROZÁSÁHOZ AZ ENERGIAHATÉKONYSÁG TERÉN Budapest 2009. november
3. Prof. Müller-Steinhagen, D. Eng., Dr.-Ing. (habil), FREng, FIChemE, Institute for Technical Thermodynamics, German Aerospace Center (DLR), Stuttgart]
4. High temperature heat exchangers for power plants: Performance of advanced metallic recuperators D. Aquaro a,*, M. Pieve, Applied Thermal Engineering 27 (2007) 389–400]
5. Increasing Heat Exchanger Performance KEVIN M. LUNSFORD, Bryan Research & Engineering, Inc., Bryan, Texas]
6. CMS Heat Transfer Division, Inc. 273 Knickerbocker Avenue • Bohemia, NY 11716 USA Tel: 631-968-0084 • Fax: 631-968-0184 • Email: info@cmsheattransfer.com hőcserélők hatásfokának javítása: jóminőségű cső-csőfal kötések készítése (hegesztés)
7. Brown Fintube 12602 FM 529 Houston, TX 77041. Tel:713-466-3535. Fax 713-466-3701

8. BME OMIKK ENERGIAELLÁTÁS, ENERGIATAKARÉKOSSÁG VILÁGSZERTE
44. k. 2. sz. 2005. p. 58–64.
9. K.M. Lunsford, Increasing Heat Exchanger Performance, Hydrcarbon Engineering, March 1998

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások „A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

„The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund.”

Dr. Kovács-Coskun Tünde (PhD)¹, Völgyi Bálint, Sikari-Nágl István²

ROBBANTÁSOS PLATTÍROZÁSÚ FÉMLEMEZEK SZERKEZETÉNEK VIZSGÁLATI LEHETŐSÉGEI³

ÖSSZEGZÉS: A robbantásos plattírozással számos fémkombináció hegeszthető össze. A kötés nagy mechanikai energiával, nagy képlékeny alakváltozás hatására jön létre. A különböző anyagpárok kötészonái általában eltérő szerkezetűek, jellegzetesen hullámos vagy legyezőszerű alakúak lehetnek, melyeket megfelelő nagyítást alkalmazva mikroszkóppal figyelhetünk meg. A mikroszerkezet elemzése, kötés minőségének ellenőrzése kiegészíthető mikrokeménység méréssel valamint elektronmikroszkópos vizsgálatokkal. A mechanikai tulajdonságokat szakító és hajlítóvizsgálatokkal ellenőrizhetjük.

Az ipari gyakorlat számára igen fontos, hogy a plattírozással létrehozott fémlemezek tulajdonságait megismerjük, a felhasználás során méretezési alapot biztosítsanak.

Kulcsszavak: robbantásos plattírozás, mikrokeménységmérés, mikroszerkezet

BEVEZETÉS

A technológiák fejlődése és a gazdasági kihívások szükségesé teszik, olyan új alapanyagok konstruálását. Ez egyrészt az alapanyagokkal szembeni egyre nagyobb elvárások (silárdság, szívósság, korrózióállóság, stb.) kielégítése miatt szükséges, emellett igen fontos, hogy a megfelelő mechanikai tulajdonságokkal rendelkező alapanyag olcsón előállítható legyen.

A kohászati eljárásoknak, szuperötvözetek létrehozásának gátat szabnak az egyes kémiai elemek tulajdonságai (pl. egymást egyáltalán nem oldó anyagok). Megoldást jelenthet tehát olyan átvözetek gyártása melyeket porkohászati technológiával állítanak elő vagy lemez anyagok esetén a plattírozás, melynek több eljárásváltozata is ismert. A hengerléses plattírozásnak az összehengerelendő anyagok alakváltozó képességének különbsége szab korlátot, míg a robbantásos plattírozás igen kis alakváltozó képesség esetén is elvégezhető, így létrehozva olyan két vagy több rétegű anyagokat melyek már az alapanyagoktól eltérő tulajdonságokat mutatnak.

Jelen publikációban a robbantásos plattírozással létrehozott anyagok minőség biztosítását célzó vizsgálatokat elemezzük.

ROBBANTÁSOS PLATTÍROZÁS

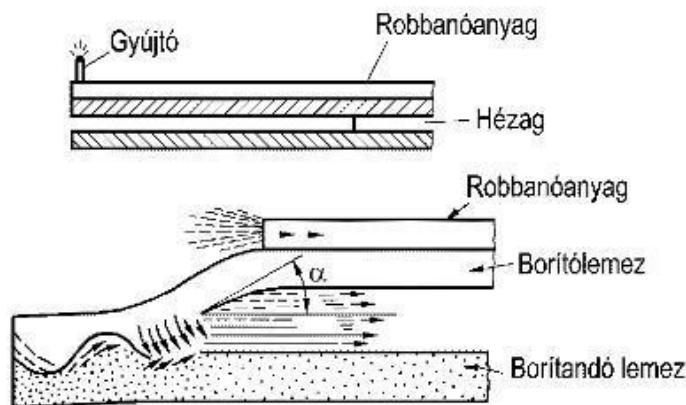
Ezt az eljárást robbantásos hegesztésnek is nevezhetjük, hiszen az általában nagy felületű egymással párhuzamosan vagy szög alatt elhelyezkedő lemezeket nagy mechanikai energiával, nagy sebességű lökéshullámmal, egymáshoz sajtolják, miközben képlékeny alakváltozás jön létre, ez okozza az összehegedést (1. ábra).

A robbantásos eljárás a plattírozás korlátait feloldja: egyrészt igen eltérő képlékenységgű, olvadáspontú és hőtágulási együtthatójú fémek egyesítésére alkalmas, másrészt a kötendő lemezek vastagságának aránya is széles határok között változtatható. [2]

¹ Docens, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Kar

² BSc hallgatók, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Kar

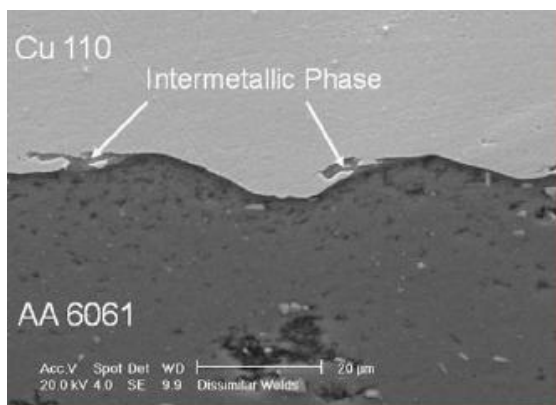
³ Robbantástechnika (HU-ISSN 1788-5671) konferencia kiadványban megjelent cikk másodközlése, pp.149-152.



1. ábra Hézagtartó robbantásos hegesztés elve [1]

A robbantásos hegesztésnek számos változata ismert, mi azonban ebben a munkában csak a robbantásos plattírozással létrehozott kötések vizsgálatára szorítkozunk.

A különböző irodalmakban különböző anyagpárosításokat ajánlanak, de a gyakorlatban leginkább elterjedt az acél titánnal, alumíniummal valamint rézzel, illetve ezek ötvözeteivel történő párosítása. [3] A kialakuló hegesztett kötés lehet hulám vagy legyezőszerű. [1]



a) Hullámos alakú varrat, réz acél kapcsolat [6]

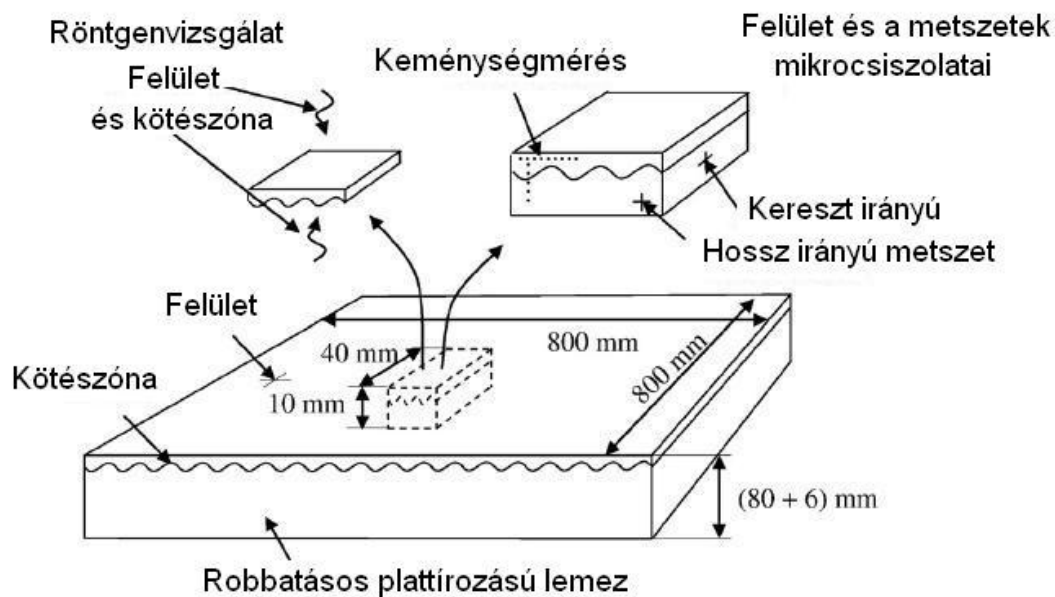


b) Legyezőszerű varrat [1]

2. ábra Jellegetes kötészónák robbantásos hegesztésnél

VIZSGÁLATOK

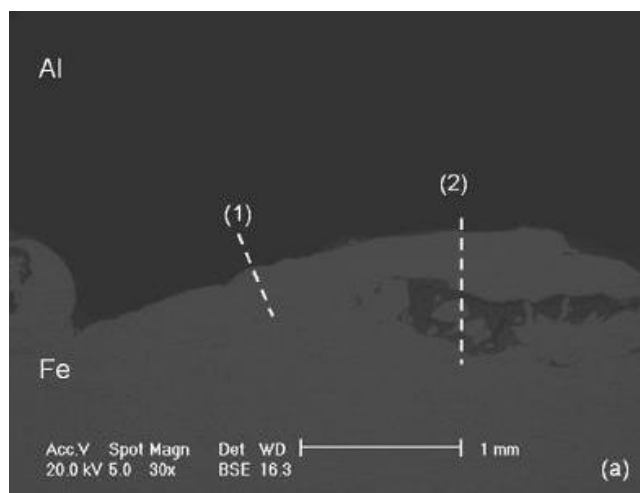
Az elkészített alapanyagot anyagvizsgálati módszerekkel minősíthetjük. A hegesztett kötések vizsgálata során roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatokat kell végezni. A robbantásos plattírozással létrehozott varratok vizsgálatánál azonban bizonyos vizsgálatok kevésbé használhatóak tekintettel a kialakuló varratalakra. Így tehát az ultrahangos vizsgálatok nem javasolhatóak. A legtöbb információt a plattírozott lemezből kiemelt próbatestek mikrosziszolatainak vizsgálatai valamint a kötészóna és kötészóna környék keménység, esetleg mikrokeménység mérése célszerű. A hagyományos értelemben vett hegesztett varrat hőhatásövezet kifejezést is fenntartással kell kezelni, hiszen ennél a technológiánál képlékeny alakváltozással jön létre a varrat. Amennyiben a két fém kapcsolatánál valamelyik (esetleg mindektő) lemez megolvad a kötészónában heg képződik, mely lehet a két anyag keveredéséből, illetve létrejöhetnek intermetallikus zónák, melyek a kötés minősége szempontjából károsak (2. a) ábra).



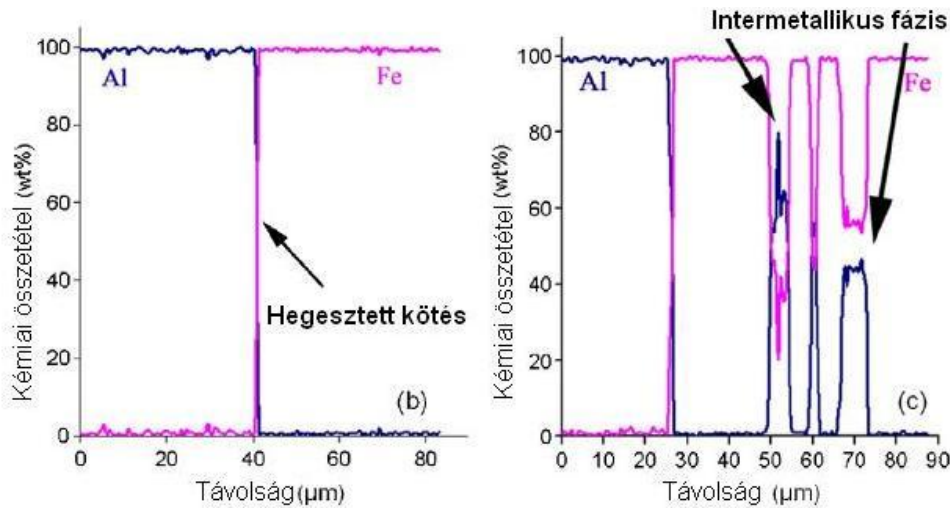
3. ábra A vizsgálatokhoz célszerűen kiemelt próbatestek [4]

A mikroszkópikus vizsgálatokhoz a kivett próbatestek felületét polírozott finomságúra kell elkészíteni, ezután lehet látni a kötészónát (2. ábra). A kötészónában megváltozhat az összekapcsolt lemezek anyagszerkezete, egyrészt mivel képlékeny alakváltozás történik, másrészt mivel keletkezhetnek összeolvadt zónák illetve kiválások (4. ábra). Célszerű tehát ha ezt a vizsgálatot keménységméréssel kiegészítjük. Ebből sok információt kaphatunk a kötészóna és környékének anyagszerkezetéről és tulajdonságairól. Természetesen a keménységváltozás függ az anyagpár megválasztásától. Réz titán kapcsolat esetben a kötészónától távolodva inkább a fém keménysége csökkent [6], tehát a plattírozás során a kötészónában mindkét anyag szerkezeti változáson ment keresztül.

További fontos információkat kaphatunk a kötészónában található megolvadt zónák és az esetleges kiválások elemzésével (elemzővel rendelkező pásztázó elektronmikroszkóppal SEM). [7]



4. ábra Alumíniummal plattírozott acél lemez a) Elektronmikroszkópi kép a kötészónáról,



b) A kötészóna kémiai összetétel elemzése (1) jelű helyen, c) A kötészóna kémiai összetétel elemzése (2) jelű helyen, ahol intermetallikus fázis található [7]

ÖSSZEFOGLALÁS

Megállapítható tehát, hogy a robbantásos plattírozással elkészített lemezek minőségének ellenőrzése során mindenképpen célszerű a kész darabból kivett próbatestek mind kereszt mind hosszirányú metszeteinek mikroszkópos vizsgálata a robbantással létrehozott kötészóna vizsgálatára. Ezt természetesen ki kell egészíteni keménységméréssel, valamint a kötészónában a kémiai összetétel elemzése az esetlegesen létrejövő kiválások, intermetallikus vegyületek lokalizálására. Jelenleg a hegesztési szabványokban nem találhatók a robbantásos plattírozással létrehozott kötésekkel szembeni követelmények, ezért a vizsgálatokkal a felhasználás során elvárt mechanikai tulajdonságok ellenőrzését kell elvégezni.

IRODALOM

1. SZUNYOGH, L szerk. Hegesztés és rokon technológiák. Gépipari tudományos egyesület, Budapest, 2007, pp. 320-324. ISBN 978-963-420-910-2
2. LUKÁCS, L. SZALAY, A. ZÁDOR, I. A repülőgépek gyártásánál alkalmazható háromrétegű féanyagok előállítása robbantásos plattírozással, Repüléstudományi közlemények, XXIV. Évf. 2012.2. szám, pp. 447-459.
3. www.emsclad.com, Clad metal from Engineered Materials Solutions
4. ETTAQI, S. LANGLOIS, L. BIGOT, R. Cobalt-based superalloy layers deposited on X38CrMoV5 steel base metal by explosion cladding process, Surface and Coatings Technology 2008. Vol. 202. pp. 3306-3315.
5. GINSZTLER J.,-HIDASAI B.,- DÉVÉNYI L., Alkalmazott anyagtudomány, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000.
6. FINDIK, F. Recent developments in explosive welding, Materials and Design 2011. Vol. 32. pp. 1081-1093
7. ZHANG, Y. SURESH BABU, S. PROTHER, C. BLAKELY, M. Application of high velocity impact welding at varied different length scales, Journal of Material Processing Technology 2011. Vol. 211 pp. 944-952.

A cikk a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások című projekt keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund.

András SZALAY¹, Bernhard RIEGER², Prof. Dr. László LUKÁCS³

MOBIL ROBBANTÓKAMRA TERVEZÉSI ÉS GYÁRTÁSI KÉRDÉSEI⁴

Összegzés: A robbantásos fémalakításokat és a különleges anyagkompozíciók robbantásos előállítását végezhetjük szabadtéren (lőtér, bányában) és végezhetjük az erre a célra kialakított épületekben illetve berendezésekben. A robbantásos megmunkálásokra kialakított berendezések a robbantókamrák. A robbantókamrák egy változata az úgynevezett "mobil robbantókamra", ami tehergépkocsival szállítható berendezés és adott helyszínen, a megfelelő hatósági engedélyek birtokában működtethető. Az előadás 200g – 16 kg TNT egyenértékre tervezett és készített robbantókamra kialakításokat mutat be.

Kulcsszavak: Robbantásos; Fémalakítás; Robbantókamra

BEVEZETÉS

A villamosipar, a járműgyártás, a reaktortechnika és az orvostechika sokféle különleges, többkomponenses anyagot és alkatrészt alkalmaz. Példaként említjük az acél-alumínium, invar-bronz plattírozott anyagokat, nikkeltitán összetételű alakemlékező fémeket, acélkerámia, rézkerámia kompozit rudakat, csöveket. A fenti anyagkombinációk előállítására alkalmazott technológiák között jelentős szerepet kapnak a robbantásos fémmegmunkálások.

A robbantásos technológiák ugyancsak jelentős szerepet kapnak különféle anyagok, alkatrészek összekapcsolásában, összekötésében.

- A robbantásos fémmegmunkálások közül a **plattírozási technológia** teljes mértékben kidolgozott, a gyakorlatban alkalmazható eljárás
- A **sodronykötési technológia** kismértékű fejlesztés után szintén kész a gyakorlati alkalmazásra
- A **portömörítés és a csőalakítás** további szisztematikus fejlesztőmunkát igényel ahhoz, hogy a gyakorlati alkalmazás szintjére eljusson

A fent felsorolt robbantásos fémmegmunkálási eljárások alkalmazása a hagyományos gyári, üzemi körülmények között jelenleg nem reális. Az eljárások műszaki-gazdasági előnyeit akkor tudjuk kihasználni, ha speciális munkaterületeket alakítunk ki (lőtér, robbantókamra).

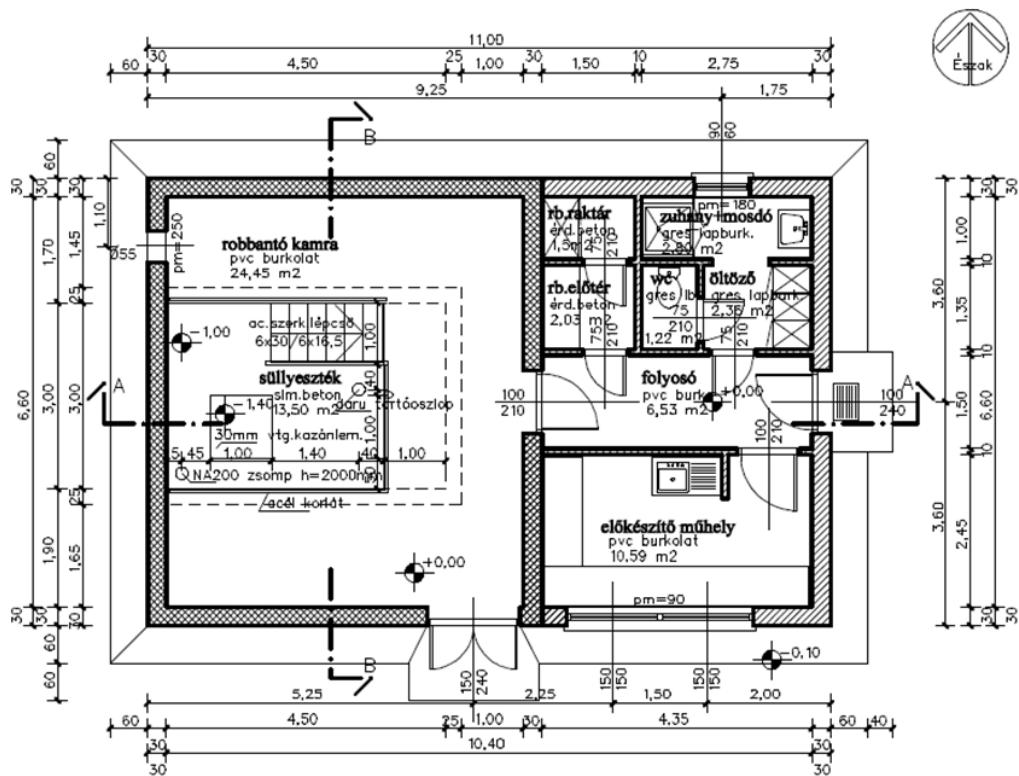
Az általunk jelenleg ismert robbantástechnikai kutatások-fejlesztések végzésére egy 5 kg TNT egyenértékre tervezett robbantómra megfelel. Ezen kamra építészeti terveit mutatjuk be az 1. és 2. ábrán.

¹ S-Metalltech 98 Anyagtechnológiai Kutató-fejlesztő Kft.

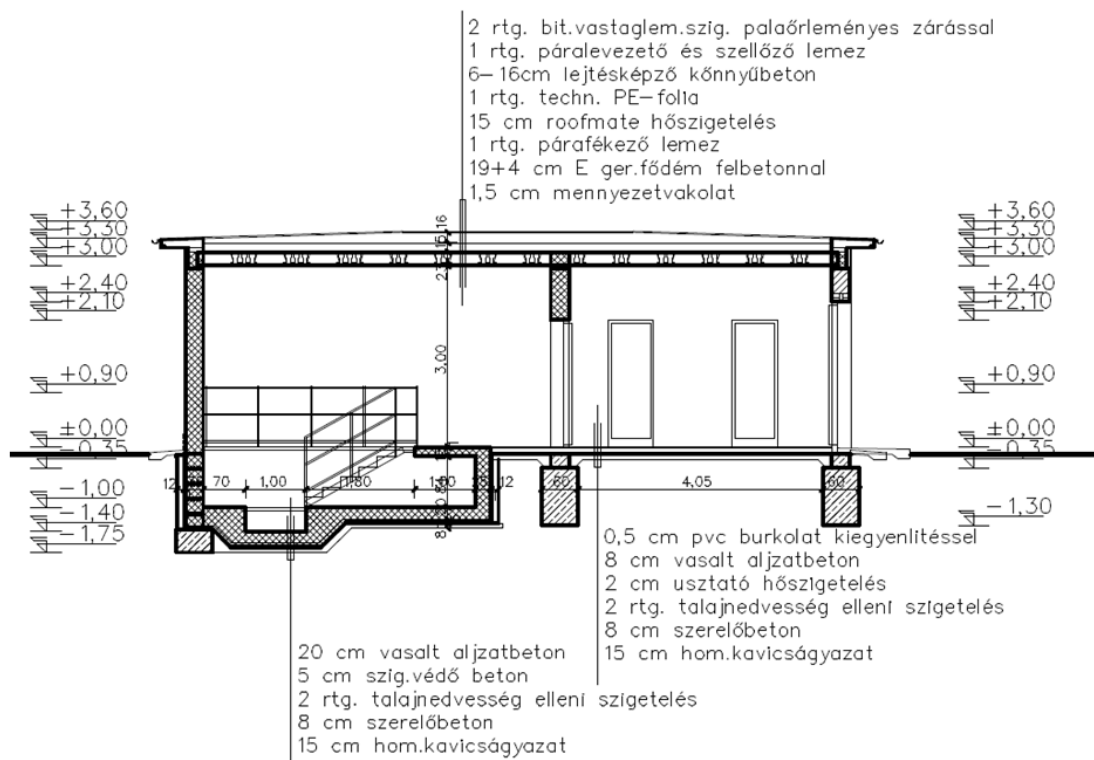
² Bernhard Rieger Sprengtechnik (Tauberbischofheim, Németország)

³ Egyetemi tanár, Nemzeti Közszerológiai Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar

⁴ Robbantástechnika (HU-ISSN 1788-5671) konferencia kiadványban megjelent cikk másodközlése, pp.153-164.



1. ábra Robbantástechnikai laboratórium alaprajza



2. ábra Robbantástechnikai laboratórium metszeti rajza

A magyarországi robbantástechnikai kutatólabor építését eddig nem sikerült realizálni, ezért megnéztük, hogy a robbantásos anyagalakítási technológiák végzésének mi a módja külföldön. A szerzett információkból az alábbiakban bemutatunk néhányat.

ISMERT KÜLFÖLDI ROBBANTÓKAMRA KIALAKÍTÁSOK

Az Orosz Köztársaságban

Oroszországban a robbantásos anyagmegmunkálásoknak hatalmas műszaki-tudományos háttere van és ehhez kapcsolódóan a robbantókamrák tervezésében és gyártásában vezető pozícióval rendelkeznek. Az orosz tervezésű és gyártású robbantókamrák megfelelnek az EU direktíváknak, megbízhatók, hosszú élettartamúak (104 – 105 robbantás elvégzését garantálják). Az alábbiakban bemutatunk néhány típust a Lavrentyev Intézet gyártmányaiból (Design and Technology Branch of Lavrentyev Institute of Hydrodynamics SB RAS. A kamrákat a Lavrentyev Intézet a cseh OZM Research s.r.o.-val együttműködve fejleszti és gyártja.

Laboratóriumi robbantókamrák (KV-150M1 és KV-250M)

Ezen kamrákat tudományos kutatások, technológiafejlesztések és robbanóanyagok vizsgálata céljára tervezik és gyártják. A kamrák acél tartállyal épülnek, 150 gramm illetve 250 gramm TNT egyenértéknek felelnek meg (3. ábra).



3. ábra KV-150M1 és KV-250M robbantókamrák

Típus	KV-150M1	KV-250M
Névleges kapacitás (g TNT)	150	250
Maximum hossz (mm)	1540	1800
Maximum szélesség (mm)	1100	1200
Maximum magasság (mm)	1450	1630
Maximum tömeg (kg)	800	1250

1. táblázat Műszaki adatok

A kamrákat acél tárcsával zárható ablakokkal látják el, melyek optikai és villamos méréseket tesznek lehetővé. A robbanóanyag töltet behelyezésére külön nyílás szolgál. Kézi működtetésű gáztömör szelepek szolgálnak a sűrített gázok bevezetésére illetve a robbanás gáztermékeinek kivezetésére.

A kamrák zárása bajonettzárás megoldással van megoldva. A robbanóanyag detonációját villamos gyújtással indítják. A kamrák munkaasztala lökéscsillapító anyaggal van szerelve. A kamrát acél alátét tömbre szerelik, ami ugyancsak lökéscsillapító anyaggal van szerelve, következésképp a kamra működtetése nem kíván speciális alapozást.

Egyszerűsített kivitelű robbantókamrák (KV-0.2 és KIP-0.2)



4. ábra: KV-0.2 tip. robbantókamra. A kamra össztömege 1.3 t, fő méretei: 1800 x 1200 x 1630 mm



5. ábra: KIP-0.2 tip. robbantókamra; A kamra össztömege 0.85 t, méretei: 1030 x 850 x 1400 mm

További típusok ebből a sorozatból: KV-2 és KV-5, 2 kg illetve 5kg TNT egyenértékre tervezve.

Ipari robbantókamrák



6. ábra: KVG-16 típ. robbantókamra; A kamra össztömege 76 t , fő méretei: 27210 x 2200 x 2460 mm



7. ábra: A KVG-16 típ. robbantókamra munkaasztala 10 m hosszúságú sínen mozog; A felhasználható robbanóanyag tömege 2 kg/1 m. A kamrát elsősorban vasúti sínek robbantásos keményítésére tervezték.

A Belorusz Köztársaságban

(National Academy of Sciences of the republic Belarus, Research Institute of Impulse Processes with Pilot Plant) kifejlesztett és megépített VK-10 típusú robbantókamrát a 8. ábrán mutatjuk be.



8. ábra: VK-10 típusú robbantókamra

A VK-10 típusú robbantókamra fő paraméterei:

- Maximális töltetösszeg: 5 kg TNT egyenérték
- Fő geometriai méretek: \varnothing 1420 x 1550 mm
- Munkatér fogat: 250 x 700 x 700 mm
- Össztömeg: 910 kg

Német robbantókamra

A GUT55 típusú robbantókamrát a 9. ábrán mutatjuk be. A kamra fő paraméterei:

- Maximális töltetösszeg: 5 kg TNT egyenérték
- Fő geometriai méretek: \varnothing 1150 gömb. Maximális talpméret: 1180.

A robbantókamra különlegessége, hogy tehergépkocsival könnyen szállítható kivitelű.



9. ábra: GUT55 típusú robbantókamra

KÖVETKEZTETÉSEK

- A fémmegmunkálási célokra tervezett robbantókamrák méretezése összetett feladat, a dinamikus terhelések miatt. Az elméleti számításokat minden esetben gyakorlati kísérletekkel pontosították, így alakítva ki a gyármányokat.
- A fentiek eredményeképpen a robbantókamra tervező szakemberek többsége a gömb- és a hengeres formát tartja ideálisnak.
- Robbantástechnikai kutatási-fejlesztési feladatok megoldására a mobil (szállítható) robbantókamra ideális.

TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások „A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

„The project was realised through the assistance of the European Union, with the co-financing of the European Social Fund.”

T A R T A L O M

Bevezetés a Különszámhoz (dr. Lukács László)	3
Épületek elleni robbantásos cselekmények és jellemzőik (dr. Lukács László) 4	
Építmények robbantásos cselekmények elleni védelmének növelési lehetőségei (dr. Szabó Sándor – dr. Tóth Rudolf).....	14
Bűnös célú robbanószerkezetek alkalmazásának és hatástalanításának sajátosságai (Daruka Norbert).....	26
Fontos létesítmények IED elleni védelme (dr. Kovács Zoltán).....	35
Áramlástanai megközelítés alkalmazása a robbantások elleni védekezésben (Román Zsolt – Nagy Róbert).....	45
Terrorista robbantás elleni épületvédelem valószínűség számítással (Balogh Zsuzsanna – dr. Hanka László)	57
Repszérülések jelentősége és megelőzésének lehetőségei (dr. Hernád Mária).....	73
The Blast Effects Simulation Tools within Force Protection Engineering and Critical Infrastructure Security (Pavel Manas, PhD. – Lubomir Kroupa, CSc.).....	87
The use of ANSYS Autodyn software within the simulation of the blast wave spreading at the military base (Dalibor Coufal).....	95
Blast Protection of Military Premises (Petr Beyer, CSc.).....	103

The current tendency within the NATO policy in the Area of Military Engineering, Engineer Intelligence and Force Protection implications (Jan Mazal, CSc.).....	110
A TÁMOP ”Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások” projekt, „Robbantásos fémmegmunkálás” Kiemelt Kutatási Terület (dr. Lukács László)	125
Fémcsövek alakítása robbantással, növelt hatásfokú hőcserélő készítéséhez (Dr. Zádor István – Prof. Dr. Athanasios G. Mamalis /Görögország/ – Prof. Dr. Lukács László – Szalay András)	128
Robbantásos plattírozású fémlemezok szerkezetének vizsgálati lehetőségei (Dr. Kovács-Coskun Tünde – Völgyi Bálint – Sikari-Nágl István).....	140
Mobil robbantókamra tervezési és gyártási kérdései (Szalay András – Bernhard Rieger /Németország/ – Prof. Dr. Lukács László)	145
Tartalom	152