

# Műszaki Katonai Közlöny

XXII. évfolyam, 2012. 3. szám

XXII. évfolyam, 2. szám

"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 utászezredes, 1938)

## MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY

**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](mailto:mkk@uni-nke.hu) , [lukacs.laszlo@uni-nke.hu](mailto:lukacs.laszlo@uni-nke.hu)

Web: E-mail: [denes.kalman@uni-nke.hu](mailto: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 érhetőek el on-line formában. Ezt követően a cikkek DVD-ROM-on kerülnek archiválásra, és a NKE Egyetemi Könyvtárában férhetőek 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**

Prof. Dr. Szabó Sándor<sup>1</sup>

## A NATO TAGORSZÁGOK KORSZERŰ MŰSZAKI TECHNIKAI ESZKÖZEI ÉS FELSZERELÉSEI IV.<sup>2</sup>

*A műveleti tevékenységek támogatási feladatai között meghatározó szerepet játszik a műszaki támogatás. A műszaki feladatok szakszerű, gyors végrehajtásával megteremthetjük a csapatok számára szükséges mozgás-, manőverszabadság feltételeit, akadályozhatjuk az ellenség mozgásszabadságát, fokozhatjuk saját csapataink túlélőképességét<sup>3</sup> és biztosíthatjuk a csapatok számára szükséges infrastrukturális feltételeket, valamint a környezetvédelemre vonatkozó előírások betartását.*

*A fenti feladatok végrehajtásához a műszaki csapatoknak korszerű műszaki technikai eszközökre és anyagokra van szüksége. Jelen írással – kollegáimmal közösen – szeretnék folytatni a megkezdett „hosszabb bemutató sorozatot”, melynek keretén belül röviden felvillantánk a NATO tagországok műszaki csapatainál rendszeresített korszerű műszaki technikai eszközöket, anyagokat, valamint alkalmazásuk lehetőségeit, melyek a fenti célkitűzések hatékony megvalósítását hivatottak biztosítani.*

*Kulcsszó: műszaki támogatás, műszaki technika, műszaki eszközök, műszaki anyagok, átkelés, híd*

**MODERN TECHNICAL DEVICES (TOOLS) AND EQUIPMENT OF THE NATO MEMBER COUNTRIES IV.**  
*Engineer support is the most important part of the combat support and combat service support.*

*It includes all special tasks and activities that have to be fulfilled during the preparation and execution of the combat missions and operations other than war as engineer pre-conditions for the success of the activities of the troops.*

*The goal of engineer support on the battlefield is to:*

- *maintain and enhance the ability of our own troops to survive;*
- *hinder the movement and activities of the enemy;*
- *participate in the military construction, environmental protection and in other activities eliminating the consequences of natural disasters*

*by using the fielded or specially allocated engineer and other military equipment.*

*To the execution of the above tasks the engineer troops need modern mechanical-technical devices and equipment.*

*We would like to continue a longer series with our article, in which we intend to show shortly the most modern mechanical-technical devices, equipment established by NATO member states' engineer troops.*

*These modern devices and equipment help to realize the goals of engineer support.*

*Keywords: Engineer Support, Engineer Troops, engineer (technical) equipment, crossing, bridge*

## BEVEZETÉS

Cikksorozatunk előző részében ismertettük a „kísérőhidak” csoportjába tartozó korszerű komp- és hídátkelőhelyek berendezésére egyaránt alkalmazható önjáró híd- és komprendszereket, azok rendeltetését, főbb jellemzőit és alkalmazási elveit. Jelen írás – az előző folytatásaként – szintén a „kísérőhidak” csoportjába tartozó – a rohamhidak leváltására alkalmazható hídépítő eszközök jellemzőivel, alkalmazási elveivel ismerteti meg az olvasót.

<sup>1</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem, E-mail: szabo.sandor@uni-nke.hu

<sup>2</sup> Bírálta: Prof. dr. Padányi József mk. dandártábornok

<sup>3</sup> Kovács Tibor: A túlélőképesség fokozásának műszaki feladatai. Hadtudomány, 2004/1. szám. 114–122. oldal.

A rohamhidak alkalmazásánál megemlítésre került, hogy alkalmazásukra az a jellemző, hogy a rohamozó alegység akadályon való átjutása után a rohamhidat felszedik és az követi a támadó köteléket, felkészülve a következő akadály leküzdésére. A követő lépcső ennek megfelelően csak a „kísérőhidak” által létesített átkelőhelyek alkalmazásával képes az akadályok leküzdésére. A harcászati-hadműveleti elveknek megfelelően a rohamhidak leváltására tervezett kísérőhidak paramétereinek is meg kell felelni (teherbírás, átbocsátóképesség szempontjából, stb.) az alkalmazott technikai eszközök paramétereinek. Ennek megfelelően a kísérőhidak fejlesztése a rohamhidak fejlesztésével párhuzamosan került végrehajtásra.

## MEDIUM GIRDER BRIDGE (MGB) – KÖZEPES GERENDATARTÓS HÍD<sup>4</sup>

A Williams Fairey Engineering Limited (WFEL) MGB Medium Girder Bridge – MGB Közepes Gerendatartós Híd klasszikus példája a kiváló minőségű precíziós haditechnikai eszközöknek, mivel kiállta az „idő próbáját”. A hídrendszer a Military Vehicles and Engineering Establishment (MVEE) által tervezett és fejlesztett eszköz, melyet a Williams Fairey Engineering Limited továbbfejlesztett és napjainkban is gyárt. A híd tervezése 1969-ben kezdődött azzal a céllal, hogy a „korosodó” Bailey hídrendszert leváltssa. Az angol haderőnél 1971 óta áll szolgálatban és a világon 39 ország fegyveres erőnél állították rendszerbe, több mint 500 példányban. A hídrendszer bizonyította alkalmasságát háborús körülmények<sup>5</sup> között, illetve katasztrófavédelem során egyaránt.



1. sz. kép Az iraki Mosulnál épült híd a Kazer folyón 2003-ban<sup>6</sup>



2. sz. kép A japán földrengés és cunami után épült híd 2011. március<sup>7</sup>

Az eredeti tervekhez képest napjainkra „többfunkciós” alkalmazási lehetőségei jelentősen bővültek, javultak. Cserélhető építőelemei miatt – „életkora ellenére” ma is az egyik legsokoldalúbban használható hídrendszerek egyike.

Az MGB WFEL egy moduláris, két gerendatartós hídrendszer 4 m-es híd pályaszélességgel. (Opcionálisan gyalogjárda is kialakítható a rendszerhez.) Alapvető építőelemei 7 fajta precíziós tervezésű könnyűfém alkatrészekből állnak. Kialakítása és építési technológiája miatt ne igényli a telepítési hely külön előkészítését, kézi erővel megépíthető.

<sup>4</sup> Forrás: <http://www.wfel.com/downloads/1816-wfel-mgb-reprint-july2010-2a.pdf>, 1–10. oldal. 2012.04.21.

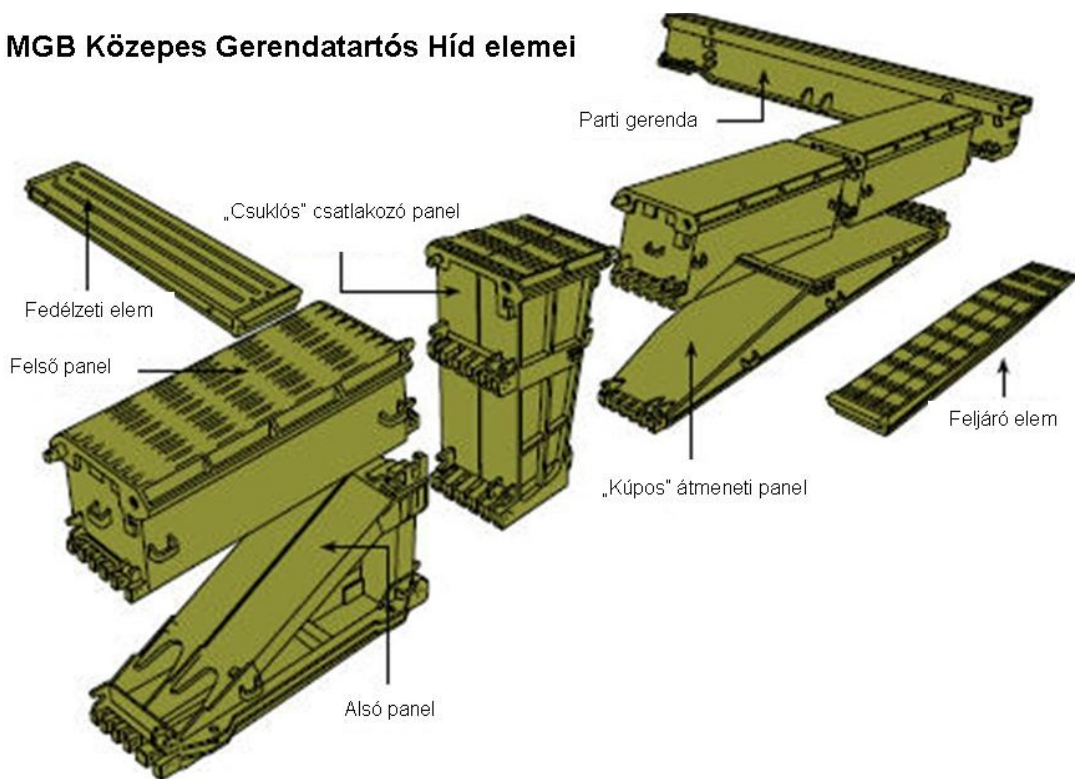
<sup>5</sup> A hidak műveleti alkalmazásának iraki tapasztalatait lásd Tomolya János, Padányi József: „A műszaki erők alkalmazása az iraki Szabadság Műveletben”. Hadtudományi Szemle 3: (2008) 34–48. oldal. [http://hadtudomanyiszemle.zmne.hu/files/2009/4/tj\\_pj.pdf](http://hadtudomanyiszemle.zmne.hu/files/2009/4/tj_pj.pdf). 2012.01.10.

<sup>6</sup> Forrás: <http://www.flickr.com/photos/73614187@N03/6701406551/> 2012.04.23.

<sup>7</sup> Forrás: <http://www.wfel.com/news/wfel-mgb-aids-japan-relief-effort> 2012.04.23.

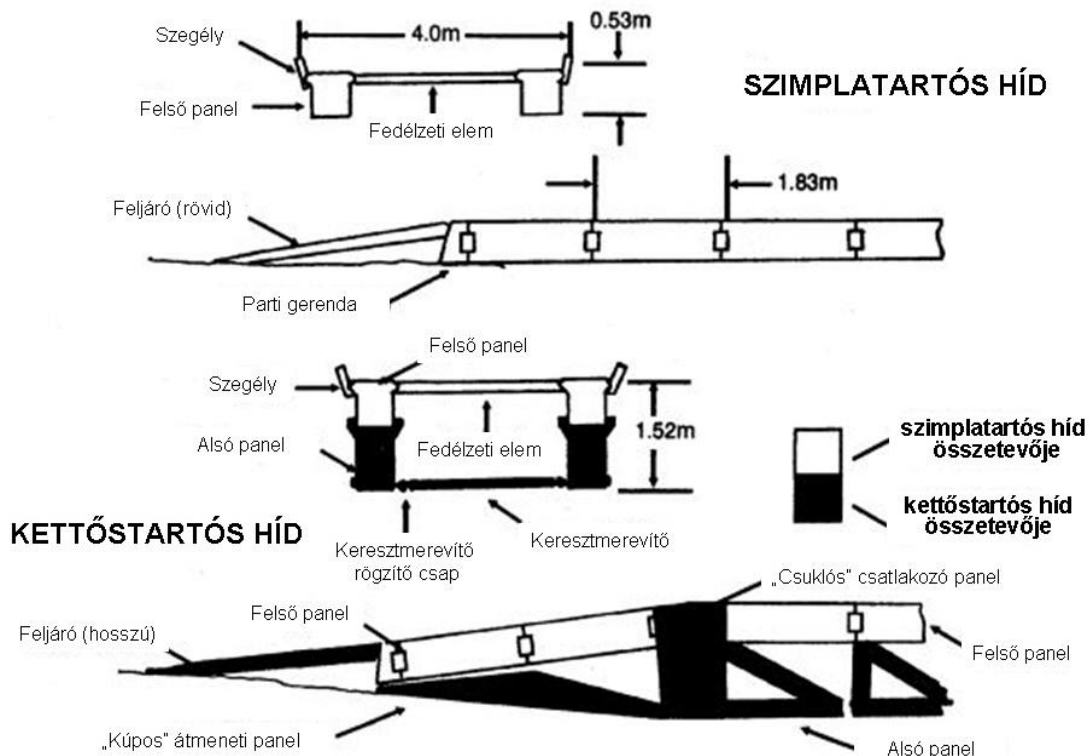


## MGB Közepes Gerendatartós Híd elemei



1. sz. ábra Az MGB Közepes Gerendatartós Híd elemei<sup>8</sup>

## MGB közepes gerendatartós híd elemeinek elhelyezkedése a hídszerkezetekben



2. sz. ábra A hídkészlet elemei és azok elhelyezése<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Szerkesztette: Dr. Szabó Sándor a <http://www.wfel.com/downloads/1816-wfel-mgb-reprint-july2010-2a.pdf>, 6. oldali ábra alapján. 2012.04.21.

<sup>9</sup> Szerkesztette Dr. Szabó Sándor a [http://library.enlisted.info/field-manuals/series-1/FM5\\_212/CH1.PDF](http://library.enlisted.info/field-manuals/series-1/FM5_212/CH1.PDF), 2. oldal ábrája alapján. 2012.05.07.

A híd alkotóelemei kistömegűek, könnyen szállíthatóak, összeszerelhetőek. Két építőeleme 6 fővel, a többi 2 vagy 4 fővel mozgatható, építhető. Rugalmassága révén a legtöbb harcászati helyzet követelményeihez képes alkalmazkodni.

Az MGB – Közepes Gerendatartós Híd öt különböző típusú hídkonfiguráció kialakítását teszi lehetővé:

- Single Span – Egy fesztávú (nyílású) híd;
- Multi-Span – Több fesztávú (nyílású) híd;
- Double Storey with Link Reinforcement Set (LRS) – Megerősített kettős tartószerkezetű híd;
- Floating Bridge – Úszóhíd;
- MACH (Mechanically Aided Constructed by Hand) – Géppel segített kézi telepítésű híd.

**A Single Span – Egy fesztávú (nyílású) híd**, melyet háromféle módon építhetünk:

- Single Storey – Szimplatartóval;
- Double Storey – Kettőstartóval;
- Double Storey with Link Reinforcement Set – Megerősített kettős tartószerkezettel.

Az egynyílású híd építésének lehetőségei<sup>10</sup>



3. sz. kép Szimplatartós szerkezetű híd



4. sz. kép Kettős tartószerkezetű híd



5. sz. kép Megerősített kettős tartószerkezetű híd

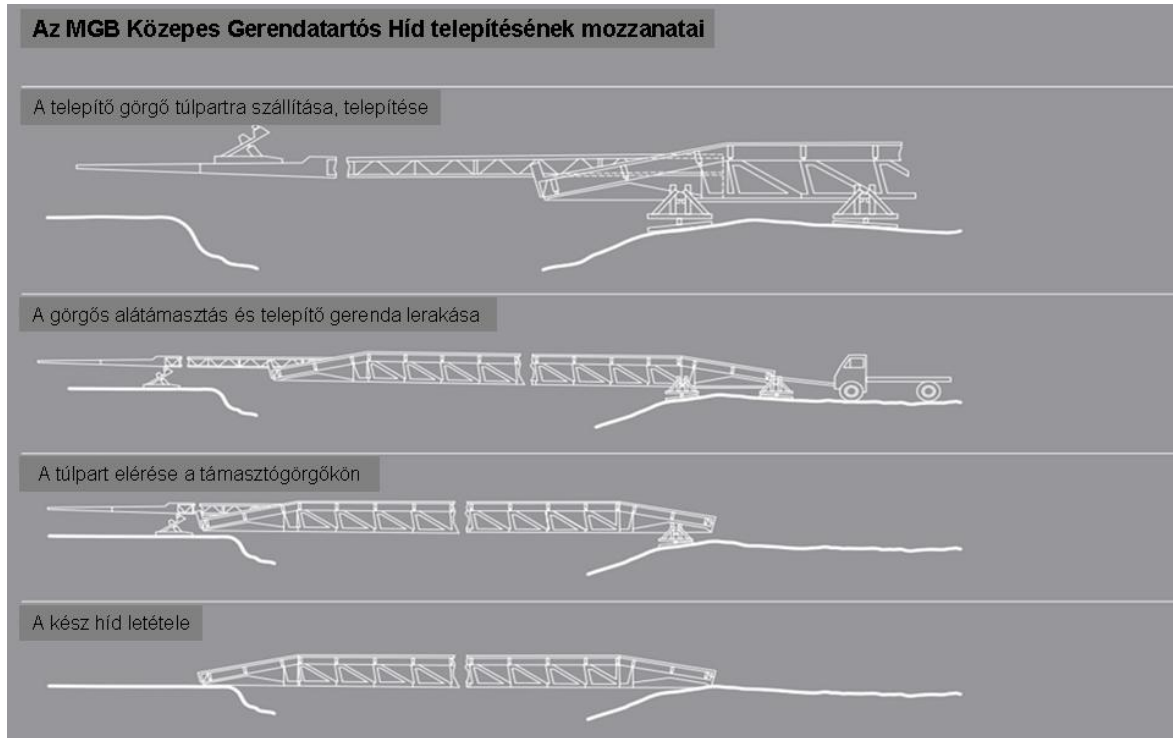
A létesítendő híd hosszát az akadály szélességének megfelelően az 1,83 m hosszúságú alappanelek számának változtatásával tudjuk növelni.

A szimplatartós híd építése a telepítést elősegítő görgős alátámasztás kialakításával, a szerelőgerenda és a túloldali parti gerenda összeszerelésével kezdődik, majd a felsőpanelek hosszanti összekapcsolásával folytatódik az akadály szélességének megfelelően. (Amennyiben a híd hossza meghaladja a 4 panelt, rendszerint beépítik a szerelőgerendát, előkészítik a túlparti görgős alátámasztást, mely biztosítja a keret túlpartra tolását.) Az akadály túlpartját elérve felszerelésre kerül az innenső oldali parti gerenda, majd a kész keretet az akadály két partjára leengedve megkezdik a fel- és lejárók, valamint a fedélzet beépítését, elhelyezik a szegélyeket és a korlátokat a hídon.

A kettőstartós híd építése a kettős görgős alátámasztás összeállításával kezdődik, ahol az alátámasztások egymástól 4,6 m távolságra kerülnek elhelyezésre. A híd építése a túloldali parti „hídvég” beépítésével folytatódik, ahol a parti gerenda elhelyezése után hozzáépítik kúpos- és csuklós átmeneti paneleket – kialakítva a híd fel- és lejáró átmeneti részét a kettőstartó miatt – majd a felső- és alsó panelek beépítésével folytatódik az akadály szélességének megfelelően. Ezután kialakításra kerül – a túlpartihoz hasonlóan – az innenső parti hídvég is. (Amennyiben a híd hossza meghaladja a 12 panelt, beépítik a szerelőgerendát,

<sup>10</sup> Forrás: <http://www.wfel.com/products-and-services/medium-girder-bridge/technical-specification/> 2012.04.23.

előkészítik a túlparti görgős alátámasztást.) Az elkészült „keretet” ezután betolják az akadály fölé és leeresztik a hídfőkre, majd megkezdik a fel- és lejárók, valamint a fedélzet beépítését, elhelyezik a szegélyeket és a korlátokat a hídon.



3. sz. ábra A kettőstartós MGB telepítése<sup>11</sup>

**A Multi-Span – Több fesztávú (nyílású) híd** építését a Span Junction Set – csuklós (átmeneti) csatlakozó szerelvény teszi lehetővé, az MGB Double Storey – kettőstartóval épített hidakból fix vagy úszó-alátámasztás segítségével.



6. sz. kép MGB szállítható támasztópillér alkalmazásával<sup>12</sup>

<sup>11</sup> Szerkesztette: Dr. Szabó Sándor a <http://www.flickr.com/photos/73614187@N03/6700695725/sizes/l/in/photostream/> ábra alapján. 2012.04.23.

<sup>12</sup> Forrás: <http://www.flickr.com/photos/73614187@N03/6700700639/sizes/l/in/photostream/> 2012.04.23.



A fix alátámasztás egyik eszköze az MGB Portable Pier Set – MGB szállítható támasztópillér készlet. Ez egy kétlábú alátámasztó szerkezet, mely lehetővé teszi száraz- és vízi akadályokban egyaránt a híd alátámasztását. Vízi akadály esetén a támasztópillér magassága 12 méter magas lehet és 5,5 m/s vízsebességig alkalmazható. Száraz akadály esetén az alátámasztás magassága elérheti a 18 métert is. Beépítése – a hídhoz hasonlóan – nem igényel darut, vagy más különleges technikai eszközt. Egy 12 m-es alátámasztás megépítése 12 fővel 1 óra alatt végrehajtható. Maximális teherbírása 120 t.

**Az MGB Double Storey Multi-Span Bridges – MGB Több fesztávú (nyílású) kettős tartószerkezetű hidak** lehetnek kettő- vagy háromnyílásúak. Az MLC70 katonai terhelési osztályba sorolás szerint a kétnyílású híd hossza legfeljebb 51,5 méter, míg a háromnyílású elérheti a 76 métert is.

A megerősített kettős tartószerkezetű híd építése esetén az „alap kettőstartós” híd szerkezete a Link Reinforcement Set (LRS) – Kapcsolaterősítő szerelék alkalmazásával kerül megerősítésre. A hosszú szerelék 3,66, a rövid szerelék pedig 1,83 méter hosszú, melyek az alsó panelekre szerelve, azok alatt 2 méter távolságban helyezkednek el. Építés után a szereléket megfeszítik, mely így lehetővé teszi a hídszerkezet fesztávolságának 49,4 méterre növelését MLC60 (T) lánctalpas terhelés mellett.

A megerősített kettős tartószerkezetű híd építési ideje mintegy 30 perccel hosszabb, mint a normál kettőstartóval szerelt hídé, ugyanakkor további 8 fő szükséges a Link Reinforcement Set (LRS) – Kapcsolaterősítő szerelék telepítéséhez.



7. sz. kép Kettős megerősített tartószerkezetű híd<sup>13</sup>

### **Floating Bridge – Úszóhíd**

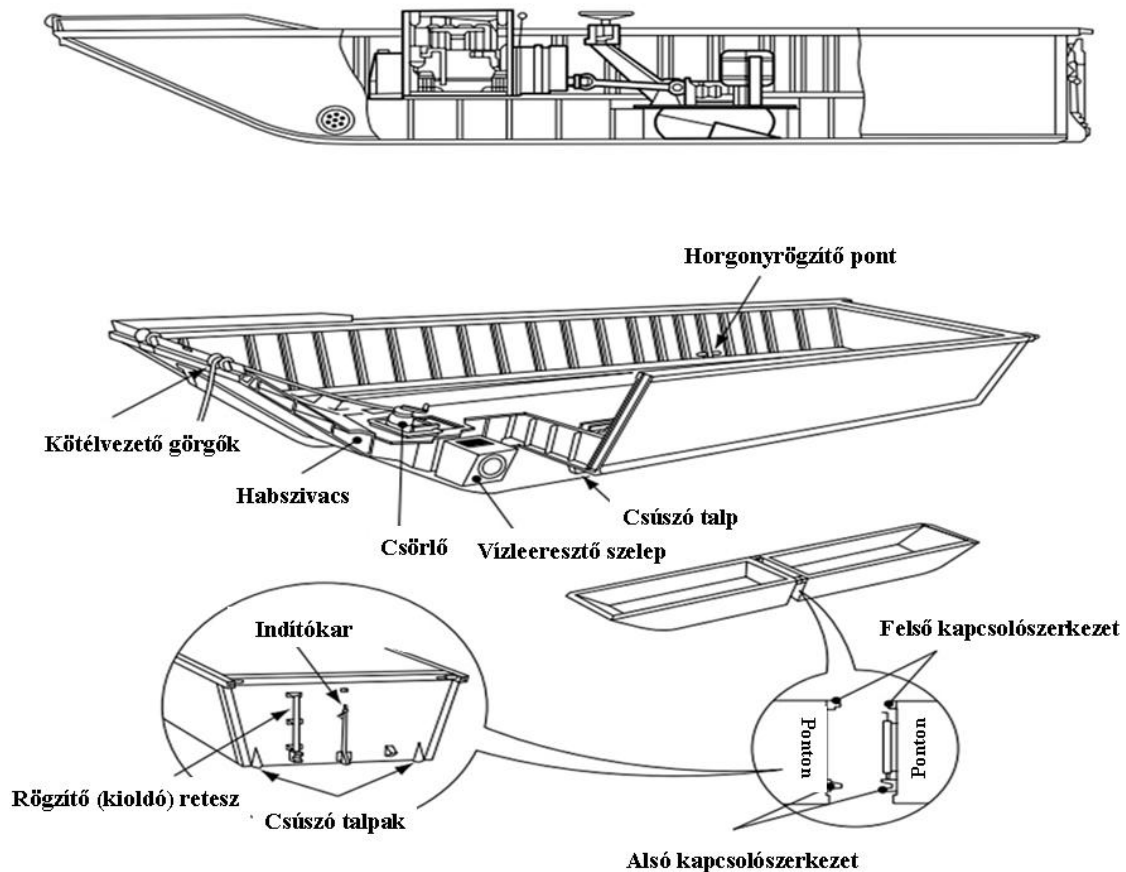
Az MGB pontonok alkalmazásával szimpla- és kettős tartós MGB úszóhidakat is építhetünk, ami a híd sokoldalúságának legjobb példája. A szimpla tartós hídnál a szimpla „csuklós”, míg a kettős tartós hídnál a „kettős csuklós” csatlakozó panelek közbeiktatásával biztosítjuk a hídrészek „rugalmas” összekapcsolását. Mindkét híd típus teherbírása MLC 60 besorolású. A hidak hosszát alapvetően a hídépítéshez rendelkezésre álló eszközök mennyisége határozza meg.

Az MGB pontonok tengeri használatra is alkalmas speciális minőségű alumínium ötvözetből készültek. A pontonok fárvéggel vannak összekapcsolva, így alkotnak alátámasztást.

A közepes gerendahídhöz (MGB) rendszeresített ponton (csónaktest) mozgatását egy könnyűsúlyú vázra szerelt F4L 912 80 lóerős Deutz léghűtéses dízelmotor által meghajtott Schöttel SPJ 32 típusú vízszugárhajtómű biztosítja, mely 360°-ban körbeforgatható. A meghajtó egységet a pontonba történő beemelés után a ponton (csónak) alján bilincsekkel rögzítik. A pontonok alsó részének (fenék) kialakítása sík, így kis vízmélység mellett is alkalmazható. A pontonok vízleeresztővel és horgonycsörlővel is ellátásra kerültek.

<sup>13</sup> Forrás: <http://www.wfel.com/images/header-mgb-2.jpg> 2012.04.23.

Minden ponton (csónak) nettó 12 000 kg (117,6798 KN) felhajtóerővel rendelkezik 300 mm szabadoldal magasság mellett. A ponton (csónak) nyitott tetejű konstrukció, amely lehetővé teszi, hogy a pontonok (csónakok) tárolása, szállítása a lehető legegyszerűbb legyen. A pontonok szállítás, raktározás során eltolással egymásba rakhatók, így az egymásba rakott 4 db ponton magassága csak 2,7 méter. Egy ilyen készlet szállítható Boughton Ampliroll<sup>14</sup> rendszerrel ellátott gépkocsin, mely rövid idő alatt képes telepíteni és felvenni a pontonokat (csónakokat).



4. sz. ábra MGB ponton kialakítása<sup>15</sup>

MGB ponton adatai:<sup>16</sup>

- Tömeg: (meghajtó rendszer nélkül) kb. 1100 kg;
- Hossza: 7,96 m;
- Szélesség: 2,6 m;
- Magasság: 1,17 m;
- Maximálisan megengedett vízsebesség (terhelten): 2,5 m/s;
- Maximális felhajtóerő (nettó): 12 000 kg (117,68 KN), 300 mm szabadoldal magasság mellett;

<sup>14</sup> A Horgos rakodó rendszer elődje, forrás: <http://www.boughtonengineering.com/hookloaders.asp> 2012.05.22.

<sup>15</sup> Szerkesztette Dr. Szabó Sándor a <http://www.flickr.com/photos/73614187@N03/6700698937/sizes/l/in/photostream/> ábra alapján. 2012.04.23.

<sup>16</sup> Forrás: Jane's Military Vehicles and Ground Support Equipment 1985. 124. oldal. 2012.04.27.

- Erőforrás: Deutz F4L 912 léghűtéses 80 LE-s dízelmotor;
- Vízi hajtás: Schöttel SPJ 32 típusú vízsugarhajtómű, 453,6 kg (4.25 KN) tolóerővel, 360°-os körbefoghatósággal.

### Szimplatartóval szerelt úszóhíd

A szimplatartóval szerelt úszóhíd építése folyamatosan végrehajtható az akadály innenső oldaláról és ez lehetővé teszi, hogy minden 30 másodpercben beépítésre kerüljön egy pontonelem. Építése gyors, kevesebb hídalkatrészt igényel, de több úszó alátámasztásra (pontonra) van szüksége, mint a kettőstartóval szerelt úszóhídnak.

### Kettőstartóval szerelt úszóhíd

Építése lassabb és bonyolultabb a kettőstartós szerkezet miatt. A hosszú feljáróval – akár 26,5 m – épített híd képes 5 méter magas partszakaszra is kirakni fel- és lejáróit. Ezek a hosszú fel- és lejárók különleges körülmények között – nagy vízszintingadozás, sekély víz, „szűk” partszakasz, vagy mocsaras part – is lehetővé teszik a biztonságos partfogást, a be- és kirakodást.

A vízi akadály szélességétől függően építő:<sup>17</sup>

- Kétnyílású (egy közbeeső alátámasztású) úszóhíd 31,1–51,5 méter fesztávolsággal;
- Háromnyílású (két közbeeső alátámasztású) úszóhíd 51,5–76 méter fesztávolsággal;
- Ha a híd hossza meghaladja a 76 métert, a vízi akadály középső részén közbeeső úszóaljzatot kell elhelyezni.



8. sz. kép Szimplatartós úszóhíd<sup>18</sup>



9. sz. kép Kettőstartós úszóhíd<sup>19</sup>

### A híd paramétereit<sup>20</sup>

Terhelhetőség (MLC)	Szimpla tartós híd		Kettőstartós híd		Megerősített kettőstartós híd	
	Fesztávolság (m)	Tömeg (t)	Fesztávolság (m)	Tömeg (t)	Fesztávolság (m)	Tömeg (t)
70	9,8	5,8	31,1	21,3	42,0	30,9
60	9,8	5,8	31,1	21,3	49,4	-
50	9,8	5,8	34,8	23,8	-	-
40	11,6	5,6	38,5	26,1	-	-
30	15,2	8,0	42,0	28,4	-	-
20	19,0	9,5	47,6	31,3	-	-

<sup>17</sup> Forrás: <http://www.wfel.com/downloads/1816-wfel-mgb-reprint-july2010-2a.pdf>, 8. oldal. 2012.04.21.

<sup>18</sup> Forrás: <http://www.flickr.com/photos/73614187@N03/6700698607/sizes/l/in/photostream/> 2012.04.23.

<sup>19</sup> Forrás: <http://www.wfel.com/images/double-mgb-floating.jpg> 2012.04.24.

<sup>20</sup> Forrás: <http://www.wfel.com/downloads/1816-wfel-mgb-reprint-july2010-2a.pdf>, 10 oldal. 2012.04.21.



## A hídépítés ideje, létszámszükséglete<sup>21</sup>

Építő erő (fő)	A híd hossza (m)	A híd típusa	Terhelhetőség (MLC)	Építési idő (tervezett)	
				Nappal (perc)	Éjjel (perc)
1+8	9,8	Szimpla tartós	70	30	45
1+16	22,5	Szimpla tartós	16	60	75
1+24	31,0	Dupla tartós híd	70	75	120
2+32	49,4	Dupla tartós megerősített híd	60	180	210
1+32	51,5	Dupla tartós híd/2 nyílású	70	240	-
3+40	76,0	Dupla tartós híd/3 nyílású	60	480	-

### MGB Ferry – MGB komp

Az MGB komp lényegében egy szimplatartós hídrész, melyet az MGB pontonokra (csónakokra) – mint úszó alátámasztásokra – helyeznek, és ott rögzítenek. A pontonok egy speciális karos csatlakozó elemmel összekapcsolhatók, mely a pontonok rögzítése mellett biztosítja a fel- és lejáró emelését, süllyesztését is.



10. sz. kép MLC 60 MGB komp<sup>22</sup>

Az MGB kompok építési sorrendje hasonlít a szimplatartós híd építéséhez. Az összeállítás itt is a szerelőgerenda és a görgős támaszok építésével kezdődik, melyek biztosítják az MGB elem összekapcsolását. A komp építése a fel- és lejáró rész, 3 db felső- és a csuklós átmeneti rész, valamint az alsó kapcsolószerkezet beépítéséből áll. A szerelő gerenda segítségével további felső panelek és csuklós átmeneti részek építhetők be. A kompépítés a túoldalra le- és feljáró beépítésével fejeződik be. A komp működőképességét a fedélzeti és rögzítő elemek, valamint a komp meghajtását biztosító rendszer beépítése után éri el. A kompok a szabványos MGB komponensekből gyorsan telepíthetők és kézzel is megépíthetők. A parti részek hidraulikusan emelhető és visszahajtható feljárói hatékonyan biztosítják a technikai eszközök be- és kirakását akár 2 méter partfalmagasság mellett is.

Az MGB kompok mozgatását, kormányzását a motorral felszerelt pontonok (csónakok) biztosítják. Az MLC60 besorolású komp négy motoros pontonnal, az MLC20 besorolású pedig kettő motoros pontonnal kerül alkalmazásra.

A katonai terhelési osztályba sorolás szerint szabványkompként az MLC20 (T), MLC40 (T) és MLC60 (T) alkalmazható. További úszó alátámasztás (pontonok) alkalmazásával a kompok teherbírása növelhető. A rendszer lehetővé teszi több elem összekapcsolása révén akár MLC90 besorolású komp megépítését is.

<sup>21</sup> Forrás: <http://www.wfel.com/downloads/1816-wfel-mgb-reprint-july2010-2a.pdf>, 10 oldal. 2012.04.21.

<sup>22</sup> Forrás: Jane's Military Vehicles and Ground Support Equipment 1985. 149. oldal. 2012.04.27.



11. sz. kép MLC 20 MGB komp<sup>23</sup>

**A Mechanically Aided Construction by Hand (MACH) – Géppel segített kézi telepítésű híd** jelentősen csökkenti az építéshez szükséges állomány létszámát. A technikai eszközök alkalmazása lehetővé teszi, hogy 25 főről 9 főre csökkenjen a szükséges építő állomány létszáma. A hídszerkezet előre gyártott elemei lehetővé teszik a telepítés közelében – egy összeszerelő körletben – a hídelemek összeállítását daruk, targoncák segítségével, melyek az építés helyére szállítva közvetlenül beépíthetők.



12. sz. kép „Kétkezes” építés<sup>24</sup>



13. sz. kép A málházás segítése<sup>25</sup>



14. sz. kép A kész elem beemelése<sup>25</sup>

### **MGB handrail – MGB korlát**

A hídhoz kialakított szegély és korlát mind a katonai és polgári járművezetők részére alapvető segítséget nyújt a hídon történő áthaladás során, jelezve a híd pályatest szélességét.



15. sz. kép A kész híd szegéllyel és korláttal<sup>26</sup>

A szegély és a korlát elemei a szabványos MGB raklapon kerülnek szállításra.

<sup>23</sup> Forrás: <http://www.army-technology.com/contractors/engineering/wfel/wfel2.html> 2012.04.23.

<sup>24</sup> Forrás: <http://www.dvidshub.net/image/527481/seabees-and-marines-build-bridges-camp-lejeune> 2012.04.24.

<sup>25</sup> Forrás: <http://www.wfel.com/downloads/1816-wfel-mgb-reprint-july2010-2a.pdf> 5. oldal. 2012.04.23

<sup>26</sup> Forrás: <http://www.wfel.com/products-and-services/medium-girder-bridge/technical-specification/> 2012.05.11.

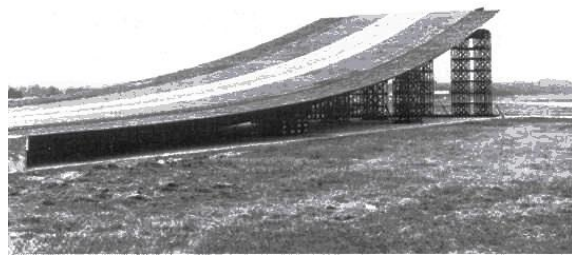
## Ski jump for V/STOL – „Felszálló rámpa” („Síugrósánc”) V/STOL<sup>27</sup> Rövid és/vagy függőleges fel- és leszállásra alkalmas repülőgépek részére<sup>28</sup>

Az MGB szerkezeti kialakítása révén alkalmas a rövid és/vagy függőleges fel- és leszállásra alkalmas repülőgépek részére „Felszálló rámpa” („Síugrósánc”) létesítésére.

A felszálló rámpa az angol haderónél rendszeresített Harrier típusú repülőgép részére került kifejlesztésre. A rámpa a közepes gerendatartós hídkészlet elemeit használja oly módon, hogy az egyik végét megemelik. Eltekintve néhány speciális támasztó – torony, emelőbak – részegységtől, a felszálló mező minden összetevőjét az MGB elemei alkotják. A kialakított rámpa felületét 3 db szimplatartós híd hossztartója és a közéjük rakott MGB fedélzeti elemek alkotják, melyek MLC 60 terhelési osztályba sorolású fedélzetet képeznek.



16. sz. kép „Felszálló rámpa” építése<sup>29</sup>



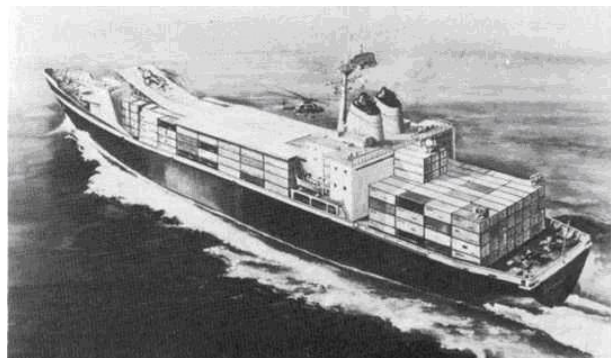
17. sz. kép A kész rámpa<sup>29</sup>

A szárazföldi körülmények között előkészített és előkészítetlen talajfelületen egyaránt alkalmazható. Kiválóan használható szilárd egyenes felületeken, mint például utak, autópályák, vagy repülőtéri guruló utak. Az ilyen előkészített felületeken egy speciális mobil feljáró – mely a megközelítést biztosítja – kapcsolható a felszállást biztosító „elemelő” részhez.

Jelentős figyelmet fordítanak a felszálló rámpa használatára a konténerszállító hajókon, ahol a rámpa könnyen kialakítható és biztosítja a Harrier repülőgépek műveleti alkalmazhatóságát a tengereken is.



18. sz. kép Szükségfelszálló terepen<sup>29</sup>



19. sz. kép Szükségfelszálló konténerhajón<sup>29</sup>

<sup>27</sup> A V/STOL a Vertical and/or Short Take-Off and Landing rövidítése, amelyet rövid és/vagy függőleges fel- és leszállásra alkalmas repülőgépek jelzésére alkalmaznak. A V/STOL gépeket a gyakorlatban STOVL – Az STOVL a Short Take Off and Vertical Landing angol nyelvű rövidítése, amelyet a rövid kifutásra és függőleges leszállásra alkalmas repülőgépek jelzésére használnak – gépekként üzemeltetik: egy rövid nekifutás után, néha rámpáról elrugaszkodva, száll fel a gép, mert ilyenkor nem kell annyi tolóerő, mint a tisztán függőleges felszálláshoz. Így a repülőgép is több üzemanyagot és fegyverzetet tud szállítani. A Harrier például teljes üzemanyag- és fegyverterheléssel képtelen a függőleges felszállásra.

Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/V/STOL> és a <http://hu.wikipedia.org/wiki/STOVL> 2012.05.11.

<sup>28</sup> Forrás: Jane's Military Vehicles and Ground Support Equipment 1985. 147. oldal. 2012.04.27.

<sup>29</sup> Forrás: Jane's Military Vehicles and Ground Support Equipment 1985. 868. oldal. 2012.04.27.



A rámpát úgy építik meg, hogy a kilépési szög a felszálló mező végén 5–15° között legyen. A 15°-os kilépési szög esetén a rámpa 31 méter hosszú, 6 méter magas, az alátámasztásokkal 10 m széles, míg tömege körülbelül 30 tonna. A felszálló rámpa 2 óra alatt elkészíthető.

### A hídrendszer szállítása

A hídrendszer málházása, szállítása rendszerbeállítása óta folyamatosan fejlődött. A kezdeti időszakban 4 t-ás terepjáró gépkocsin és utánfutón szállították az elemeket.



20. sz. kép A „kezdeti” szállítás<sup>30</sup>



21. sz. kép A pontonok szállítása<sup>31</sup>

A fejlesztések eredményeként a legkorszerűbb terepjáró-képességgel rendelkező logisztikai szállítójárműveken kerültek elhelyezésre.

Az amerikai haderőnél 1996 óta a – a Ribbon Bridge hídkészlet elemeinekállításánál jól bevált – M1977 Common Bridge Transporter (CBT) – Szabványos hídszállító<sup>32</sup> hordozóeszközön és az M1 flatrack – „Sík lapos szállítókeret”-en került elhelyezésre.



22. sz. kép A szállítóeszköz<sup>33</sup>



23. sz. kép Hídelemek az M1 „flatrack”-en<sup>34</sup>

A flatrack egy sík hegesztett acél rakodó (tároló) szerkezet, melyet emelőpontként szolgáló végfállal láttak el. A szabvány flatrack kialakítása, méretei révén megfelel az ISO szabványoknak, így szállítása bármely Load Handling System (LHS) – „Rakodást segítő rendszer”, vagy Palletized Loading Systems (PLS) – Horgos emelőkaros (ön-) málházó rendszerrel ellátott szállítójárművön lehetséges. Kialakítása révén alkalmas a rakományt málházni (felvenni, letenni) a talajról, rakodóról, pótkocsiról, korlátozás nélkül szállítható C-141 típusú repülőgéppel, vagy CH-47d típusú helikopterrel, külső felfüggesztéssel a helikopter teherbírásának megfelelően. A fentiek mellett az M1 flatrack szállítható utánfutón, málházható emelővillás targoncával, melynek villaszélessége legalább 173 cm.<sup>35</sup>

<sup>30</sup> Forrás: Jane's Military Vehicles and Ground Support Equipment 1985. 147. oldal.

<sup>31</sup> Forrás: Jane's Military Vehicles and Ground Support Equipment 1985. 124. oldal.

<sup>32</sup> Részletesebb leírásával „A NATO tagországok korszerű műszaki technikai eszközei és felszerelése II.” írásunkban foglalkoztunk.

<sup>33</sup> Forrás: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/pls-dvic379.jpg> 2012.05.21.

<sup>34</sup> Forrás: [http://data.primeportal.net/misc/m1\\_pallet/dsc01664.jpg](http://data.primeportal.net/misc/m1_pallet/dsc01664.jpg) 2012.05.21.

<sup>35</sup> Forrás: <http://constructionpalletizedsystems.tpub.com/TM-9-3990-206-14-P/0724650021.htm> 2012.05.13.

## M1 flatrack – „Síkklapos szállítókeret” főbb adatai<sup>36</sup>

Külső méretek	
▪ Szélesség	2438 mm
▪ Magasság	2083 mm
▪ Hosszúság	6096 mm
Belső méretek	
▪ Szélesség	2438 mm
▪ Magasság	2083 mm
▪ Hosszúság	5791 mm
Tömege	3311 kg
Tömege rakománnyal	16 443 kg

Egy standard hídkészlet szállítását 9 szállítójármű biztosítja, melyből 6 db szállítóeszköz a híd elemeit, 2 db szállítóeszköz a szerelékeket, 1 db szállítójármű pedig a Link Reinforcement Set-et (LRS) – Kapcsolaterősítő szerelékét szállítja.<sup>37</sup>

Az angol haderónél szállítójárművek fejlesztését követően a régi szállítóeszközöket az UNIPOWER típusú szállítójárművekkel váltották le.

Az Unipower M-sorozat számos katonai szállítóeszköz bázisjárműve, melyet az Universal Power Drives Ltd. kifejlesztett ki a 1980-as évek végén. Ezek a nagy mobilitású járművek direkt katonai alkalmazás céljára készültek, melyek alaprendeltetése a speciális felszerelések és a nehézsúlyú szállítása. Az első sorozatgyártású járművek 1992-ben kerültek le a gyártósorról.

Az M-sorozatú Unipower alváz hasznos terhelhetősége 24 000 kg, így az a javaslat született, hogy a jármű a brit hadsereg Palletized Loading Systems-el (PLS) – Horgos emelőkaros (ön-) málházó rendszerrel ellátott alap szállítójárműve, illetve a MGB típusú hírendszer hordozó- és telepítő eszköze lesz.

Mintegy 190 db Unipower M-sorozatú jármű került legyártásra a különböző hírendszer elemek szállítására, telepítésére. A vezetőfülkéje teljesen fém, alkalmas a járművezető és 4 utas befogadására. Fülke fel van szerelve független fűtő- és légkondicionáló rendszerrel.

A szállítójármű Cummins M380E 11 literes, 375 lóerős, vagy Perkins 410T 12,2 literes, 403 lóerős turbódízel motorral van szerelve. Mindkét motor automata sebességváltóval rendelkezik. A motor a vezetőfülke mögött található. Az Unipower M-szériás járművek első kétpár kereke kormányozható. A jármű egy központi keréknyomás-szabályozó rendszerrel rendelkezik, mely jó terepjáró képességet és mobilitást biztosít az eszköz részére. A jármű tulajdonságai révén képes a lánctalpas járműveket követésére a legnehezebb terepen is.<sup>38</sup>



24. sz. kép A szállítóeszköz málházva<sup>39</sup>



25. sz. kép A hídelemek lerakása<sup>39</sup>

<sup>36</sup> Forrás: [http://www2.tea.army.mil/pubs/nr/deploy/fgpamphlets/Pam\\_55-23.pdf](http://www2.tea.army.mil/pubs/nr/deploy/fgpamphlets/Pam_55-23.pdf), 49. oldal. 2012.05.21.

<sup>37</sup> Forrás: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA322358> 3. oldal. 2012.05.21.

<sup>38</sup> Forrás: [http://www.military-today.com/trucks/unipower\\_m\\_series.htm](http://www.military-today.com/trucks/unipower_m_series.htm) 2012.02.25.

<sup>39</sup> Forrás: <http://www.thinkdefence.co.uk/2012/01/uk-military-bridging-equipment-medium-girder-bridge/> 2012.05.12.

## A szállítójármű főbb adatai<sup>40</sup>

Általános adatok	
Rendszeresítve	1992
Meghajtás	8 x 8
Vezetőfülke befogadóképessége	1 + 4 fő
Méretek	
Tömege (menetkészzen)	~ 15 t
Maximális terhelés	24 t
Hossza	~ 10 m
Szélessége	2.99 m
Magassága	2.95 m
Mozgékonyság	
Motor	Cummins dízelmotor
Teljesítmény	403 LE
Maximális sebessége országúton	90 km/h
Hatótávolság	~ 600 km
Manőverezőképesség	
Maximális emelkedő	60%
Oldaldőlés	40%
Lépcsómászó képesség	~ 0,6 m
Árokáthidaló képesség	~ 1,4 m
Gázlóképesség	Több mint 1 m

Az MGB elemait különféle rakományként lehet szállítani – alapvetően az erre a célra kialakított MGB és szabványos raklapon, mely alkalmas a Palletized Loading Systems-el (PLS) – Horgos emelőkaros (ön-) málházó rendszerrel ellátott szállítójárműre történő málházásra. A kialakult helyzet függvényében a hídrendszer elemei helikopterrel is szállíthatók külső függesztéssel.



26. sz. kép Az MGB elemek helikopteres szállítása<sup>41</sup>



27. sz. kép Az MGB hídrész szállítása helikopterrel<sup>42</sup>

<sup>40</sup> Forrás: [http://www.military-today.com/trucks/unipower\\_m\\_series.htm](http://www.military-today.com/trucks/unipower_m_series.htm) 2012.02.25.

<sup>41</sup> Forrás: <http://www.wfel.com/downloads/1816-wfel-mgb-reprint-july2010-2a.pdf>, 6. oldal. 2012.03.23.

<sup>42</sup> Forrás: <http://www.aviationspectator.com/image/photos/military-aircraft/helicopters/ch-53e-super-stallion-helicopter/ch-53e-super-stallion-200> 2012.05.12.



Az MGB hídkészlet tervezése alapján 10 000 db MLC70 besorolású lánctalpas és kerekes jármű átbotcsátására alkalmas, karbantartása egyszerű, különleges anyagokat nem igényel.<sup>43</sup>



28. sz. kép „Nagytakarítás”<sup>44</sup>



29. sz. kép „Az egyszerű karbantartás”<sup>45</sup>

Az MGB rendszer fő előnyei az alábbiakban foglalhatók össze:<sup>46</sup>

- gyorsan, könnyen, kézzel megépíthető;
- építése külön szakképzettséget nem igényel;
- az építés helyén a partok előkészítésére nincs szükség;
- raklapos rakományként könnyen szállítható közúton vagy légi úton;
- könnyű, erős szerkezet;
- a „csuklós” (átmeneti) csatlakozó panel több fesztávú (nyílású) híd létesítését teszi lehetővé;
- szállítható támasztópillér készlettel is rendelkezik;
- használható úszóhídként, illetve kompként egyaránt;
- a híd maximális teherbírása MLC60 besorolású;
- minimális karbantartást igényel.

Összességében megállapítható, hogy az MGB – Közepes Gerendatartós Híd klasszikus példája a kiváló minőségű precíziós haditechnikai eszközöknek, mely kiállta az „idő próbáját”. Alkalmazási lehetőségei széleskörűek, melyeket a háborús és a katasztrófavédelmi feladatok megoldása során egyértelműen bizonyított.

## BEFEJEZÉS

A háborús tevékenységek gyakorlati tapasztalatai igazolják, hogy a műveleti területen található hidak (átkelési lehetőségek) rombolása jelentősen megnehezíti a csapatok harcadatainak teljesítését, a szükséges után- és hátraszállítások időbeni végrehajtását.

A katonai szakemberek hosszú idő óta kutatják, fejlesztik azokat a műszaki technikai eszközöket és megoldásokat, melyek a fenti nehézségek megoldását hivatottak elősegíteni.

<sup>43</sup> Forrás: <http://www.marines.mil/unit/tecom/mces/Documents/CEIC/Student%20Outlines/BCE/C14D01%20T ac%20Brid%20SO%20091005.doc> 3. oldal. 2012.01.23.

<sup>44</sup> Forrás: <http://www.wfel.com/downloads/final-1815-wfel-overview-reprint-jul-2010-3a.pdf>, 10. oldal. 2012.05.20.

<sup>45</sup> Forrás: <http://myweb.tiscali.co.uk/bulmera/images/Weymouth.jpg> 2012.05.06.

<sup>46</sup> Forrás: Jane's Military Vehicles and Ground Support Equipment 1985. 147. oldal. 2012.04.27.

A cikkben bemutatott eszköz a számtalan műszaki szakfeladat közül csak az átkelési feladatok egy szűk területén ad megoldást. Az átkelést elősegítő „eszköztár” ennél jóval bővebb, terjedelmesebb.

Tervezett sorozatunk további írásaiban folytatjuk a korszerű műszaki technikai eszközök és harcanyagok jellemzőinek, alkalmazási lehetőségeinek bemutatását, azok jobb megismerése céljából.

A következő publikációnk szintén a „kísérőhidak” csoportjába tartozó hídátkelőhelyek berendezésére alkalmazható eszközök jellemzőivel, alkalmazási elveivel ismerteti meg az olvasót.

## FELHASZNÁLT IRODALOM, FORRÁS

1. Kovács Tibor: A túlélőképesség fokozásának műszaki feladatai. Hadtudomány, 2004/1. szám. 114-122. oldal.
2. Tomolya János, Padányi József: A műszaki erők alkalmazása az iraki Szabadság Műveletben. Hadtudományi Szemle 3: (2008) 34–48. oldal.  
[http://hadtudomanyiszemle.zmne.hu/files/2008/3/tj\\_pj.pdf](http://hadtudomanyiszemle.zmne.hu/files/2008/3/tj_pj.pdf)
3. Jane's Military Vehicles and Ground Support Equipment 1985. 124. oldal.
4. Jane's Military Vehicles and Ground Support Equipment 1985. 147. oldal.
5. Jane's Military Vehicles and Ground Support Equipment 1985. 149. oldal.
6. Jane's Military Vehicles and Ground Support Equipment 1985. 868. oldal.
7. <http://constructionpaletizedsystems.tpub.com/TM-9-3990-206-14-P/0724650021.htm>
8. [http://data.primeportal.net/misc/m1\\_pallet/dsc01664.jpg](http://data.primeportal.net/misc/m1_pallet/dsc01664.jpg)
9. <http://hu.wikipedia.org/wiki/V/STOL> és a <http://hu.wikipedia.org/wiki/STOVL>
10. [http://library.enlisted.info/field-manuals/series-1/FM5\\_212/CH1.PDF](http://library.enlisted.info/field-manuals/series-1/FM5_212/CH1.PDF), 2. oldal.
11. <http://myweb.tiscali.co.uk/bulmera/images/Weymouth.jpg>
12. <http://www.army-technology.com/contractors/engineering/wfel/wfel2.html>
13. <http://www.aviationspectator.com/image/photos/military-aircraft/helicopters/ch-53e-super-stallion-helicopter/ch-53e-super-stallion-200>
14. <http://www.boughtonengineering.com/hookloaders.asp>
15. <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA322358> 3. oldal.
16. <http://www.dvidshub.net/image/527481/seabees-and-marines-build-bridges-camp-lejeune>
17. <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/pls-dvic379.jpg>
18. <http://www.flickr.com/photos/73614187@N03/6700695725/sizes/l/in/photostream/>
19. <http://www.flickr.com/photos/73614187@N03/6700700639/sizes/l/in/photostream/>
20. <http://www.flickr.com/photos/73614187@N03/6701406551/>
21. <http://www.flickr.com/photos/73614187@N03/6700698607/sizes/l/in/photostream/>
22. <http://www.flickr.com/photos/73614187@N03/6700698937/sizes/l/in/photostream/>
23. <http://www.marines.mil/unit/tecom/mces/Documents/CEIC/Student%20Outlines/BCE/C14D01%20T ac%20Brid%20SO%20091005.doc> 3. oldal.
24. [http://www.military-today.com/trucks/unipower\\_m\\_series.htm](http://www.military-today.com/trucks/unipower_m_series.htm)
25. [http://www.thinkdefence.co.uk/2012/01/uk-military-bridging-equipment-medium-girder-  
<http://www.wfel.com/downloads/1816-wfel-mgb-reprint-july2010-2a.pdf>, 1–10. oldal.](http://www.thinkdefence.co.uk/2012/01/uk-military-bridging-equipment-medium-girder-http://www.wfel.com/downloads/1816-wfel-mgb-reprint-july2010-2a.pdf)
26. <http://www.wfel.com/images/double-mgb-floating.jpg>
27. <http://www.wfel.com/images/header-mgb-2.jpg>
28. <http://www.wfel.com/news/wfel-mgb-aids-japan-relief-effort>
29. <http://www.wfel.com/products-and-services/medium-girder-bridge/technical-specification/>
30. <http://www.wfel.com/downloads/final-1815-wfel-overview-reprint-jul-2010-3a.pdf>, 10. oldal.
31. [http://www2.tea.army.mil/pubs/nr/deploy/fgpamphlets/Pam\\_55-23.pdf](http://www2.tea.army.mil/pubs/nr/deploy/fgpamphlets/Pam_55-23.pdf), 49. oldal.

Prof. Dr. Szabó Sándor<sup>1</sup>, Dr. Kovács Zoltán<sup>2</sup>, Dr. Tóth Rudolf<sup>3</sup>

## A NATO TAGORSZÁGOK KORSZERŰ MŰSZAKI TECHNIKAI ESZKÖZEI ÉS FELSZERELÉSEI V.<sup>4</sup>

*A műveleti tevékenységek támogatási feladatai között meghatározó szerepet játszik a műszaki támogatás. A műszaki feladatok szakszerű, gyors végrehajtásával megteremthetjük a csapatok számára szükséges mozgás-, manőverszabadság feltételeit, akadályozhatjuk az ellenség mozgásszabadságát, fokozhatjuk saját csapataink túlélőképességét<sup>5</sup> és biztosíthatjuk a csapatok számára szükséges infrastrukturális feltételeket, valamint a környezetvédelemre vonatkozó előírások betartását.*

*A fenti feladatok végrehajtásához a műszaki csapatoknak korszerű műszaki technikai eszközökre és anyagokra van szüksége. Jelen írással – kollegáimmal közösen – szeretnék folytatni a megkezdett „hosszabb bemutató sorozatot”, melynek keretén belül röviden felvillantánk a NATO tagországok műszaki csapatainál rendszeresített korszerű műszaki technikai eszközöket, anyagokat, valamint alkalmazásuk lehetőségeit, melyek a fenti célkitűzések hatékony megvalósítását hivatottak biztosítani.*

### **MODERN TECHNICAL DEVICES (TOOLS) AND EQUIPMENT OF THE NATO MEMBER COUNTRIES V.**

*Engineer support is the most important part of the combat support and combat service support.*

*It includes all special tasks and activities that have to be fulfilled during the preparation and execution of the combat missions and operations other than war as engineer pre-conditions for the success of the activities of the troops.*

*The goal of engineer support on the battlefield is to:*

- *maintain and enhance the ability of our own troops to survive;*
- *hinder the movement and activities of the enemy;*
- *participate in the military construction, environmental protection and in other activities eliminating the consequences of natural disasters*

*by using the fielded or specially allocated engineer and other military equipment.*

*To the execution of the above tasks the engineer troops need modern mechanical-technical devices and equipment.*

*We would like to continue a longer series with our article, in which we intend to show shortly the most modern mechanical-technical devices, equipment established by NATO member states' engineer troops.*

*These modern devices and equipment help to realize the goals of engineer support.*

*Kulcsszó: műszaki támogatás, műszaki technika, műszaki eszközök, műszaki anyagok, átkelés, híd*

*Keywords: Engineer Support, Engineer Troops, engineer (technical) equipment, crossing, bridge*

## BEVEZETÉS

Cikksorozatunk előző részében ismertettük a „kísérőhidak” csoportjába tartozó korszerű komp- és hídátkelőhelyek berendezésére egyaránt alkalmazható önjáró híd- és

<sup>1</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem, E-mail: szabo.sandor@uni-nke.hu

<sup>2</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem, E-mail: kovacs.zoltan@uni-nke.hu

<sup>3</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem, E-mail: toth.rudolf@uni-nke.hu

<sup>4</sup> Bírálta: Prof. Dr. Padányi József mk. dandártábornok

<sup>5</sup> Kovács Tibor: A túlélőképesség fokozásának műszaki feladatai. Hadtudomány, 2004/1. szám. 114–122. oldal.

komprendszereket, azok rendeltetését, főbb jellemzőit és alkalmazási elveit. Jelen írásunk – az előző folytatásaként – szintén a „kísérőhidak” csoportjába tartozó – a rohamhidak leváltására alkalmazható hídépítő eszközök jellemzőivel, alkalmazási elveivel ismerteti meg az olvasót.

A rohamhidak alkalmazásánál említettük, hogy alkalmazásukra az a jellemző, hogy a rohamozó alegység akadályon való átjutása után a rohamhidat felszedik és az követi a támadó köteléket, felkészülve a következő akadály leküzdésére. A követő lépcső ennek megfelelően csak a „kísérőhidak” által létesített átkelőhelyek alkalmazásával képesek az akadályok leküzdésére. A harcászati-hadműveleti elveknek megfelelően a rohamhidak leváltására tervezett kísérőhidak paramétereinek is meg kell felelni (teherbírás, átbocsátóképesség szempontjából, stb.) az alkalmazott technikai eszközök paramétereinek. Ennek megfelelően a kísérőhidak fejlesztése a rohamhidak fejlesztésével párhuzamosan került végrehajtásra.

## MODULAR BRIDGING SYSTEM (BR90) – MODUL HÍDRENDSZER (BR90)<sup>6</sup>

A Modular Bridging System (BR90) – Modul Hídrendszer fejlesztése érdekes körülmények között indult. A múlt század hatvanas éveinek második felében az amerikai, angol, német és francia katonai szakértők közös fejlesztést indítottak a „Bridging for the 1980’s Project” néven. A franciák a rövid időn belül kiszálltak a programból. A fejlesztési koncepciót 1972-ben írták alá Christchurchben.

A fejlesztőgárda jelentős kutatásokat végzett a jövő lehetséges műveleti tevékenységeinek, valószínű akadályok jellegének, jellemzőinek, a jövő járművei konstrukcióinak, a korszerű anyagok és gyártási technikák felhasználási lehetőségeinek területén. A körvonalazódó elképzelés ellenére számos nézeteltérés adódott a fejlesztők között.

A legfontosabb alapelveként fogalmazták meg a gépi erővel történő telepítést és málházást, a híd szerkezetének variálhatóságát, csereszabatoságát, valamint a tömeg csökkentése érdekében a legújabb, nagyszilárdságú, de könnyű anyagok használatát.

A fejlesztők három alapvető híd típusra tettek javaslatot:

- Assault Role – „Rohamhíd”, mely minimum 20 m – a kívánatos 30 m – fesztávolságú akadály leküzdésére képes. A híd telepítését, málházását a kezelőszemélyzet teljes páncélvédelem mellett 5 percen belül legyen képes végrehajtani;
- Dry Support – „Száras támogatóhíd”, melynek fesztávolsága 40 m, de alkalmazható rövidebb fesztávolsággal is éjjel-nappal, építési ideje kevesebb, mint 15 perc;
- Wet Support – „Nedves támogatóhíd”, mely 120 m fesztávolság áthidalására és egy harccsoport 150 technikai eszközének átbocsátására képes 1 óra alatt. Ugyanakkor szükség esetén legyenek képesek kompátkelőhely berendezésére is.

Minden hidat az MLC60 terhelési osztályra terveztek a modul panelek, rámpák (fel- és lejárók) és egyéb szerelvények felhasználásával.

A három nemzet fejlesztőcsoportjának végleges ajánlásait 1974-ben tették közzé, ahol, mindhárom nemzet felelősséget vállalt a ráháruló feladatok megoldásáért.

Az Egyesült Királyság feladata volt a modul hídszakaszok, az alátámasztások kialakítása, valamint a lehetséges kerek szállító járművek felülvizsgálata, illetve a háromoldalú tervezési és tesztelési eljárások kidolgozása. Az amerikaiak a program keretében végezték a híd egyéb

---

<sup>6</sup> Forrás: <http://www.thinkdefence.co.uk/2012/02/uk-military-bridging-equipment-br90-and-rebs/> 2012.02.01.

részeinek fejlesztését, vizsgálták a rohamhidak kialakításának lehetőségét különböző kerek járműveken, valamint azok mozgékonyágát. Németország egy úszóhid, kéttörzsű (katamarán) pontonon, valamint a kerek járművek telepítő berendezésén dolgozott.

1976-ban annak ellenére, hogy az összes tervezési követelményben megállapodtak – néhány apróságot kivéve – az együttműködés felbomlani látszott. A Challenger harckocsi megjelenése miatt (tömege 62 t) a hidak terhelési besorolását meg kellett volna növelni. Ezt a tényt sem az amerikaiak, sem pedig a németek nem fogadták el, így véleménykülönbségek keletkeztek a követelmények, a program prioritásait és a tervezést illetően egyaránt.

A nézeteltérések miatt az Amerikai Egyesült Államok 1981 júliusában, Németország pedig 1981 októberében visszalépett a projekttől.

Az angolok felhasználva az elért kutatási eredményeket kialakították a „Bridging for the 1990’s Project” új követelményeit, harmonizálták a terminológiát és így született meg a Modular Bridging System (BR90) – Modul Hídrendszer (BR90).

A BR90 egy „általános harcászati hídrendszer”, mely alkalmazható roham- és kísérőhídként egyaránt a 9–60 méter széles akadályok leküzdésére.

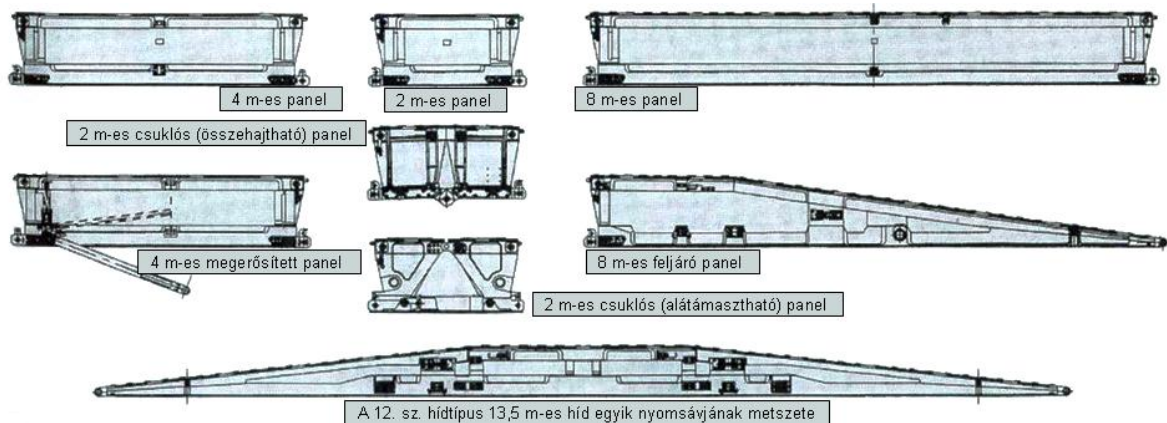
Alapkoncepcióként az alábbi változatok kerültek kialakításra:

- Close Support Bridge (CSB) – „Rohamhíd”, melyből három típus került rendszeresítésre. A hidak harckocsiról és speciális kerek szállítójárműről is telepíthetők:
  - A 10. sz. híd típus egy 26 m hosszú, ollós szerkezetű híd, mely 2 db 8 m-es feljáró-, 2 db 4 m-es normál- és egy 2 m-es csuklós (összehajtható) panelből áll;
  - A 11. sz. híd típus egy 16 m hosszú, „up and over” – „fel és át” telepítésű híd, mely 2 db 8 m-es feljáró panelből áll;
  - A 12. sz. híd típus egy 13,5 m hosszú, „up and over” telepítésű híd, mely egyedileg tervezett feljárópanelekből került kialakításra. A híd egybeépített, így cserélhető eleme nincs. A speciális hídszerkezetből 2 db került elhelyezésre a hordozójárművön. (A hidak telepítése indítható egyszerre, vagy külön-külön az akadály jellegétől függően.)
- General Support Bridge (GSB) – „Általános támogatóhíd”, mely 32 m fesztávolság áthidalására képes. A híd egy Automotive Bridge Launching Equipment (ABLE) – Automata hídtelepítő berendezéssel ellátott és kettő darab Bridging Vehicles (BVs) – Hídszállító járműből áll, melyek a híd fel- és lejáróit, valamint panelelemeit szállítják. A 32 m fesztávolságú hidat 10 fő 30 perc alatt képes megépíteni. A híd érdekessége, hogy fesztávolságát 16 m-től 2 m-ként lehet változtatni 32 m-ig. Az Automotive Bridge Launching Equipment (ABLE) – Automata hídtelepítő berendezés rendeltetése a híd telepítése és málházása. A hídtelepítő mechanizmus és a 20 t teherbírású daru a szállítójármű hidraulikarendszeréről kapja a meghajtását. A híd telepítése legfeljebb 10%-os lejtőn (emelkedőn) hajtható végre. A Bridging Vehicles (BVs) – Hídszállító járművek 20 tonnás hidraulikus darui segítik a híd gyors összeszerelését és bontását.
- Spanning Systems – „Áthidaló rendszerek”. Két alapvető áthidaló rendszer került kifejlesztésre.
  - Long-span system – „Nagy fesztávú áthidaló rendszer” lehetővé teszi 32 m-től 44 m fesztávú híd építését. A híd telepítése itt is az Automotive Bridge Launching Equipment (ABLE) – Automata hídtelepítő berendezés segítségével történik.

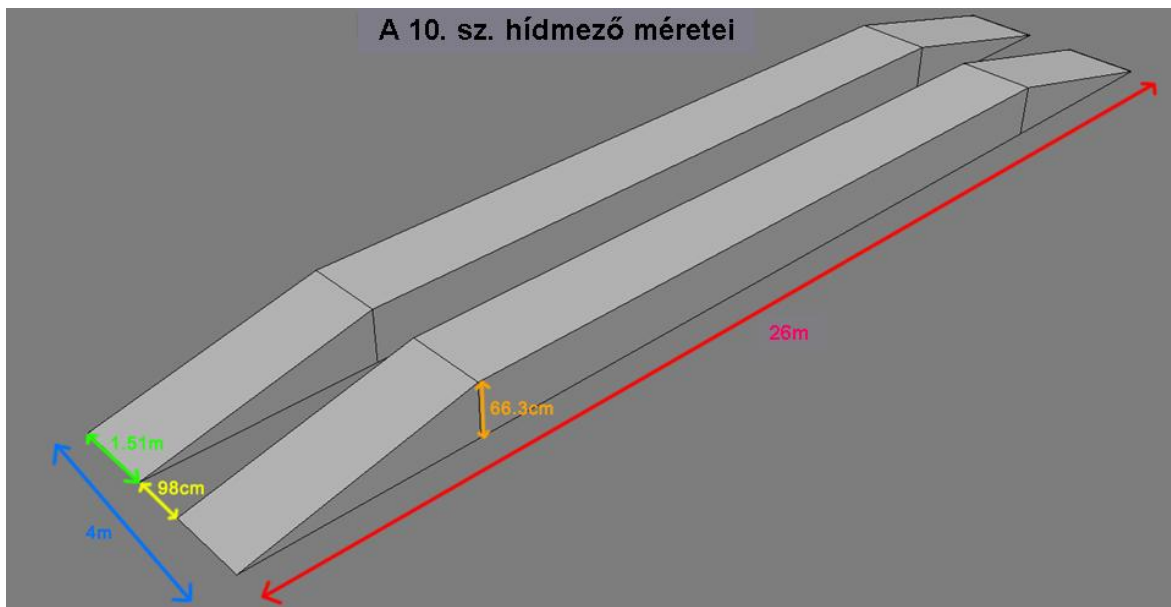
- Two span system – „Két (dupla) fesztávú áthidaló rendszer” – az Automotive Bridge Launching Equipment (ABLE) – Automata hídelepítő berendezés segítségével – képes 2x32 m-es híd telepítésére oly módon, hogy az akadály közepén a hídszerkezet pillérrel, baklábbal vagy úszópontonnal alátámasztják. Az áthidalható akadály szélessége eléri a 60 métert.

Tervezői szerint a leggyorsabban telepíthető harcászati hídrendszer a világon és a leggazdaságosabb az erőforrás felhasználása tekintetében. A rendszer könnyen kezelhető, megbízható, fenntartása gazdaságos, modulrendszer miatt széleskörűen alkalmazható.<sup>7</sup>

A hídrendszer elemei azonos típusú – de eltérő méretű és rendeltetésű – modul panelekből állnak, melyek speciális alumíniumötvözetből készültek. Az összekapcsolt nyompálya elemek teljes szélessége 4 méter, magassága pedig 0,663 méter.



1. sz. ábra A BR90 Modul Hídrendszer panelelemei<sup>8</sup>



2. sz. ábra A 10. sz. hídmező méretei<sup>9</sup>

<sup>7</sup> Forrás: [http://www.defencedirectory.com/pages/suppliers/supplier\\_product\\_data/product\\_data\\_template\\_7.html](http://www.defencedirectory.com/pages/suppliers/supplier_product_data/product_data_template_7.html) 2012.01.27.

<sup>8</sup> Szerkesztette Dr. Szabó Sándor a <http://www.thinkdefence.co.uk/2011/12/uk-military-bridging-equipment-assault-bridging/> ábra alapján. 2012.01.25.

<sup>9</sup> Szerkesztette Dr. Szabó Sándor a <http://www.realitymod.com/forum/f389-pr-dev-blogs/82507-developing-csbs-idea-up-r-dev-rhino.html> ábra alapján. 2012.01.28.



A hídrendszer különböző elemei 1996-ban és 1997-ben kerültek rendszeresítésre a brit haderőnél. A BR90 hídrendszert sikeresen alkalmazták harcászati helyzetben és a különböző katasztrófák elhárítása során egyaránt. Előnyei miatt számos hadseregnél rendszeresítették.

A hidak katonai terhelési osztályba sorolása MLC70 a lánctalpas járművek és MLC105 a rakománnyal rendelkező gumikerekes járműszerelvények esetén.<sup>10</sup>

Az egyes híd típusok – kompatibilitásuk révén – összekapcsolhatók, elemei cserélhetők, bővíthetők az akadály jellegének megfelelően és kombinálthídként is üzemeltethetők. A hidak „összevetése” esetén – 2–3 híd – a leküzdhető akadály szélessége elérheti a 60 métert is. A modul hídrendszer elemei 8 különböző hídtelepítési megoldást kínálnak a felhasználó részére az akadály jellegétől függően.



1. sz. kép Két híd összevetése<sup>11</sup>



2. sz. kép Három híd összevetése<sup>12</sup>

**Close Support Bridge (CSB) – „Rohamhíd”**, rendeltetése átkelőhelyek berendezése az ellenség közvetlen tűzhatása alatt. A rohamhidak alapvető jellemzője a páncélvédettség, mely a kezelőszemélyzet részére megfelelő védelmet nyújt az ellenség közvetlen tűzhatása ellen, valamint a gyors – néhány perc alatti – telepíthetőség, így alkalmazásuk harci körülmények között is lehetséges.

A BR90 hídrendszer harckocsin alkalmazható típusait előző publikációkban részletesen ismertettük, így arra most nem térünk ki.<sup>13</sup>

A „rohamhíd” kerekes gépjárműre telepített változatait a Tank Bridge Transporter (TBT) – Harckocsi hídszállító jármű hordozza, mely a harckocsikhoz hasonló terepjáró-képességgel rendelkezik.



3. sz. kép Tank Bridge Transporter (TBT) 10. sz. híd<sup>14</sup>



4. sz. kép Tank Bridge Transporter (TBT) 11. sz. híd<sup>15</sup>



5. sz. kép Tank Bridge Transporter (TBT) 12. sz. híd<sup>16</sup>

<sup>10</sup> Forrás: [http://www.defencedirectory.com/pages/suppliers/supplier\\_product\\_data/product\\_data\\_template\\_7.html](http://www.defencedirectory.com/pages/suppliers/supplier_product_data/product_data_template_7.html) 2012.01.26.

<sup>11</sup> Forrás: [http://www.gmhutcheson.com/images/ESE\\_AVLB.JPG](http://www.gmhutcheson.com/images/ESE_AVLB.JPG) 2012.01.13.

<sup>12</sup> Forrás: [http://www.army-technology.com/contractor\\_images/man/man1.jpg](http://www.army-technology.com/contractor_images/man/man1.jpg) 2012.01.13.

<sup>13</sup> Lásd: A NATO tagországok korszerű műszaki technikai eszközei és felszerelései I. írásban.

<sup>14</sup> Forrás: <http://www.protruckservices.com/TBT/scan00185.jpg> 2012.04.15.

<sup>15</sup> Forrás: <http://www.thinkdefence.co.uk/wp-content/uploads/2010/08/Tank-Bridge-Transporter.jpg> 2012.04.14.

<sup>16</sup> Forrás: <http://cyberyana.free.fr/army2000/UK/tbt.jpg> 2012.04.14.

## Az UNIPOWER típusú szállítójármű jellemzése<sup>17, 18</sup>

Az Unipower M-sorozat számos katonai szállítóeszköz bázisjárműve, melyet az Universal Power Drives Ltd. kifejlesztett ki a 1980-as évek végén. Ezeket a nagy mobilitású járművek direkt katonai alkalmazás céljára készültek. Alaprendeltetésük a speciális felszerelések és a nehézgépek szállítása. Az első sorozatgyártású járművek 1992-ben kerültek le a gyártósorról.

Az M-sorozatú Unipower alváza egy egyedülálló, hegesztett váz, mely kivételes szilárdságot biztosít a hajlító és csavaró nyomatékokkal szemben, amely különösen fontos a nehéz terepen történő közlekedéskor. Az alváz hasznos terhelhetősége 24 000 kg, így az a javaslat született, hogy a jármű a brit hadsereg Palletized Loading Systems-el (PLS) – ellátott alap szállítójárműve, illetve a BR90 típusú hídrendszer hordozó- és telepítő eszköze lesz.

Mintegy 190 db Unipower M-sorozatú jármű került legyártásra a BR90 hídrendszer elemeinek szállítására, telepítésére. A vezetőfülkéje teljesen fém, alkalmas a járművezető és 4 utas befogadására. Fülke fel van szerelve független fűtő- és légkondicionáló rendszerrel.

A szállítójármű Cummins M380E 11 literes, 375 lóerős, vagy Perkins 410T 12,2 literes, 403 lóerős turbódízel motorral van szerelve. Mindkét motor automata sebességváltóval rendelkezik (6 előremeneti és egy hátrameneti fokozat), mely mind a négy tengelyt folyamatosan meghajtja. A motor a vezetőfülke mögött található. Az Unipower M-szériás járművek első kétpár kereke kormányozható. A jármű egy központi keréknyomás-szabályozó rendszerrel, differenciálzárral rendelkezik, mely jó terepjáróképességet és mobilitást biztosít az eszköz részére. A jármű tulajdonságai révén képes a lánctalpas járműveket követésére a legnehezebb terepen is.

A speciális felépítmények eltávolítása után minden különösebb előkészítés nélkül szállítható a Lockheed C-130 típusú repülőgépen.

### A szállítójármű főbb adatai<sup>17, 18</sup>

Általános adatok	
Rendszeresítve	1992
Meghajtás	8 x 8
Vezetőfülke befogadóképessége	1 + 4 fő
Méretek	
Tömege (menetkészben)	~ 15 t
Maximális terhelés	24 t
Hossza	~ 10 m
Szélessége	2,99 m
Magassága	2,95 m
Mozgékonyosság	
Motor	Cummins M380E 11 literes turbódízel motor 375 lóerős, vagy Perkins 410Tx 12,2 literes turbódízel motor 403 lóerővel.
Maximális sebessége országúton	90 km/h
Hatótávolság	~ 600 km
Manőverezőképesség	
Maximális emelkedő	60%
Oldaldőlés	40%
Lépcsómászó képesség	~ 0,6 m
Árokáthidaló képesség	~ 1,4 m
Gázlóképesség	Több mint 1 m

<sup>17</sup> Forrás: [http://www.military-today.com/trucks/unipower\\_m\\_series.htm](http://www.military-today.com/trucks/unipower_m_series.htm) 2012.02.25.

<sup>18</sup> Forrás: <http://www.trucksplanet.com/catalog/model.php?id=1149> 2012.05.26.



6. sz. kép Unipower–M hordozójármű<sup>19</sup>

Afganisztáni alkalmazása miatt néhány jármű vezetőfülkéjét páncélvédelemmel látták el. A vezetőfülke tetejének kialakítása szükség esetén lehetővé teszi géppuska felszerelését is.

**General Support Bridge (GSB) – „Általános támogatóhíd”** készlet 32 m fesztávolság áthidalására képes. A hídépítő felszerelés egy Automotive Bridge Launching Equipment (ABLE) – Automata hídelepitő berendezéssel ellátott és kettő darab Bridging Vehicles (BVs) – Hídszállító járműből áll, melyek a híd fel- és lejáróit, valamint panelelemt szállítását. A szabvány hídkészlet 4 db 8 m-es fel- és lejáró, 2 db 8 m-es, 3 db 4 m-es és 2 db 2 m-es panelelemből áll, mely lehetővé teszi 16–32 m-es híd megépítését.



7. sz. kép GSB – Automated Bridge Launching Equipment (ABLE)<sup>20</sup>



8. sz. kép GSB – Bridging vehicle (BV)<sup>21</sup>

A 32 m fesztávolságú hidat 10 fő 30 perc alatt képes megépíteni. A híd érdekessége, hogy fesztávolságát 16 m-től 2 m-ként lehet változtatni 32 m-ig. Az Automotive Bridge Launching Equipment (ABLE) – Automata hídelepitő berendezés rendeltetése a híd telepítése és mállhazása. A hídelepitő mechanizmus – az „építőgerendával” – és a 20 t teherbírású daru a szállítójármű hidraulikarendszeréről kapja a meghajtását. A Bridging Vehicles (BVs) – Hídszállító járművek 20 tonnás hidraulikus darui segítik a híd gyors összeszerelését és bontását.

<sup>19</sup> Forrás: <http://freespace.virgin.net/scammell.man/unipower.html> 2012.05.26.

<sup>20</sup> Forrás: <http://www.thinkdefence.co.uk/wp-content/uploads/2010/08/GSB-ABLE.jpg> 2012.04.15.

<sup>21</sup> Forrás: <http://www.thinkdefence.co.uk/2010/08/military-bridging/> 2012.04.15.





9. sz. kép A híd építése<sup>22</sup>



10. sz. kép A feljáró elem beépítése<sup>23</sup>

A hídszerkezet építése az akadályon áttolt és a túlparton letalpalt „építőgerenda” segítségével történik, úgy hogy az építéshez szükséges panelemek a szállítójárműről levéve az „építőgerenda” szállítókeretén felfüggesztve összekapcsolásra kerülnek. Miután az összekapcsolt panelemek elérik a túlpartot, az „építőgerenda” segítségével a parti hídfőkre leeresztik a kész hidat.



11. sz. kép Az „építőgerenda” alkalmazása a híd építéséhez<sup>24</sup>

A híd további érdekessége, hogy a nyomsávok közötti rés nyompályaközi pajzsokkal kerül lefedésre.

<sup>22</sup> Forrás: <http://www.thinkdefence.co.uk/wp-content/uploads/2010/08/ABLE-01.jpg> 2012.04.15.

<sup>23</sup> Forrás: <http://www.thinkdefence.co.uk/wp-content/uploads/2010/08/ABLE-06.jpg> 2012.04.15.

<sup>24</sup> Forrás: <http://www.flickr.com/photos/73614187@N03/6824283933/sizes/l/in/photostream/> 2012.05.27.



12. sz. kép A nyompályaközi pajzsok berakása<sup>25</sup>

**Spanning Systems – Áthidaló rendszerek.** Két alapvető áthidaló rendszer került kialakításra a Long Span Bridge – „Nagy fesztávú híd” és a Two Span Bridge – a „Két (dupla) fesztávú híd”.

**Long Span Bridge – „Nagy fesztávú híd”,** egy megerősített hídszerkezet, – egy speciális támasztó és feszítőmű alkalmazásával – melyet az Automotive Bridge Launching Equipment (ABLE) – Automata hídtelepítő berendezés segítségével telepítenek. A rendszer lehetővé teszi, hogy a General Support Bridge (GSB) – „Általános támogatóhíd” készlet áthidalható fesztávolságát 32 m-ről 44 m-re növeljék. A híd biztosítja a jelenleg legnehezebb technikai eszközök átbocsátását is.



13. sz. kép GSB „nagy fesztávú híd” építése Irakban<sup>26</sup>

<sup>25</sup> Forrás: <http://www.thinkdefence.co.uk/wp-content/uploads/2010/08/ABLE-04.jpg> 2012.04.15.

<sup>26</sup> Forrás: [http://30.media.tumblr.com/tumblr\\_1vorajYRfv1qlcxqlo1\\_500.jpg](http://30.media.tumblr.com/tumblr_1vorajYRfv1qlcxqlo1_500.jpg) 2012.04.15.

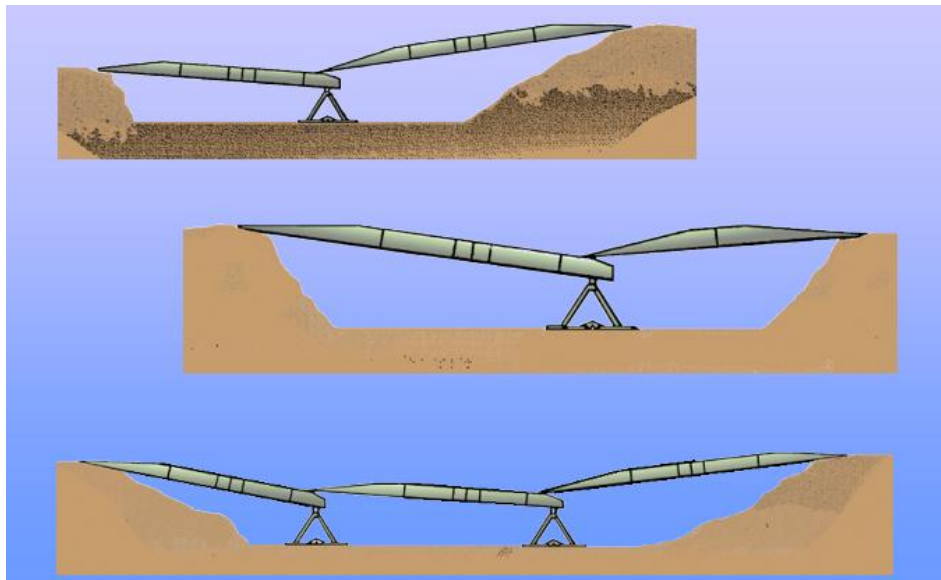


A hídrendszer standard BR90 és a megerősítő elemekből áll. A kiegészítő elemek szállítására további 2 db Bridging Vehicle (BV) – Hídszállító jármű került a hídkészlethez rendszeresítésre.

A további fejlesztések eredményeként megjelent egy alternatív „nagy fesztávú” hídrendszer, amely – előfeszített aramid kábelek alkalmazásával – 52 m fesztávolság áthidalására tette képessé a hídrendszert.

A leghosszabb és technikailag a legigényesebb híd a 42R/18 típusjelű, mivel a híd két részből áll. Az „A” típusú áthidalás 42 m fesztávolságú – a támasztó és feszítőmű alkalmazásával – és ehhez a részhez kerül hozzákapcsolásra egy csuklós panel segítségével a 18 m fesztávolságú „B” típusú áthidaló elem.

**Two span bridge – Két (dupla) fesztávú híd** az Automotive Bridge Launching Equipment (ABLE) – Automata hídtelapító berendezés segítségével – képes 2x32 m-es híd telepítésére oly módon, hogy az akadály közepén a hídszerkezet pillérrel, baklábbal vagy úszópontonnal alátámasztják. Az áthidalható akadály szélessége eléri a 60 métert.



3. sz. ábra Az áthidalás fesztávolságának növelési lehetőségei<sup>27</sup>



14. sz. kép Bakláb alátámasztás<sup>28</sup>



15. sz. kép Alátámasztó pontonszerkezet<sup>29</sup>

<sup>27</sup> Forrás: <http://www.realitymod.com/forum/f189-modding-tutorials/83359-map-tutorial-close-support-bridges-csb-placement.html> 2012.04.12.

<sup>28</sup> Forrás: [http://realitymodfiles.com/rhino/tuts/csb\\_placement/ref\\_7.jpg](http://realitymodfiles.com/rhino/tuts/csb_placement/ref_7.jpg) 2012.04.15.

<sup>29</sup> Forrás: <http://www.thinkdefence.co.uk/2012/02/uk-military-bridging-equipment-br90-and-rebs/> 2012.02.01.



A pontonok szállítását 2 db speciális, daruval és hidraulikus csörlővel ellátott terepjáró tehergépjármű biztosítja. A szükséges úszó alátámasztást 4 db ponton összekapcsolása biztosítja. Pontonok mozgatását és pozicionálását a vízben 2 db beépített motor teszi lehetővé.<sup>30</sup>

A híd telepítése legfeljebb 10%-os lejtőn (emelkedőn) hajtható végre. 2010-ben az afganisztáni misszióban résztvevő eszközöket felújították és páncélvédelemmel látták el.<sup>31</sup>



16. sz. kép Páncélvédelemmel ellátott hídkészlet<sup>31</sup>

## RAPIDLY EMPLACED BRIDGE SYSTEM (REBS) – GYORSAN TELEPÍTHETŐ HÍDRENDSZER<sup>32, 33</sup>

A Rapidly Emplaced Bridge System (REBS) – Gyorsan Telepíthető Hídrendszer alumíniumból készült könnyűszerkezetű hídrendszer.

Az újonnan jelentkező harcászati-hadműveleti követelmények figyelembevételével tervezték alapvetően a gépesített alegységek részére a száraz- és vízi akadályok áthidalására. A hídrendszer megfelel az új követelményeknek, gyorsan telepíthető, légi szállítható és képes az MLC50 besorolású kerekes és lánctalpas eszközök átbocsátására egyaránt. Tervezésének köszönhetően a hídrendszer új lehetőségeket kínál a száraz- és vízi akadályok leküzdése terén.

A REBS a német General Dynamics Land Systems (GDELS) által került kifejlesztésre az amerikai hadsereg részére. 2002-ben, az amerikai hadsereg TACOM (Tank-Automotive and Armaments Command – Páncélos- Gépjármű és Fegyverzeti Parancsnokság) szerződést kötött a németországi General Dynamics Land Systems-el 20 db REBS hídkészlet leszállítására. A REBS programot a General Dynamics Land Systems az amerikai AM General Company-val közösen valósította meg. Az amerikai hadsereg 2007 áprilisában a fejlesztést sikeresnek értékelte és még ebben az évben rendszerbe állította a hídrendszert, elsőként a műveleti erőknél.

<sup>30</sup> Forrás: <http://www.army.mod.uk/royalengineers/equipment/703.aspx> 2012.02.02.

<sup>31</sup> Forrás: <http://www.thinkdefence.co.uk/2012/02/uk-military-bridging-equipment-br90-and-rebs/> 2012.02.01.

<sup>32</sup> Forrás: <http://www.army-technology.com/projects/rebs-rapidly-emplaced-bridge-system/> 2012.01.30.

<sup>33</sup> Forrás: [http://www.gdsbs.de/fileadmin/pdf/prospekt\\_rebs.pdf](http://www.gdsbs.de/fileadmin/pdf/prospekt_rebs.pdf), 1–6. oldal. 2011.12.23.

A híd alaprendeltetése a nagymozgékonyágú szárazföldi gépesített erők mozgásszabadságának biztosítása – könnyű harcászati „kísérőhidak” alkalmazásával – a különböző száraz- és vízi akadályok leküzdése során.

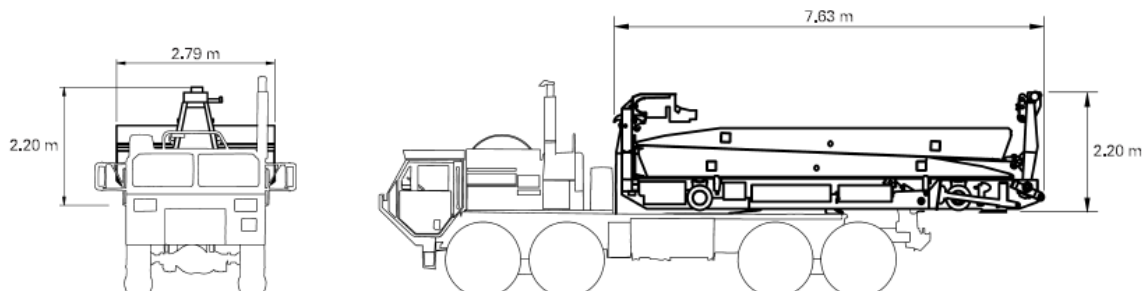
REBS hídrendszert a LAAD 2011 védelmi kiállításon mutatták be nyilvánosan Rio de Janeiróban 2011. áprilisában.

REBS tervezése a gyakorlatban jól bevált BEAVER típusú hídvető harckocsi alapján indult el, felhasználva az ott alkalmazott részegységeket és hídelemeket. A híd alkatrészei nagyszilárdságú alumíniumból kerültek kialakításra.

REBS fő részei:<sup>34</sup>

- ◆ Szállító és málházó keret; BAP (Bridge Adaptor Pallet) – szabványos pontonmálházó kerettel;
- ◆ Telepítő (málházó) szerkezet (Szállító és málházó keretre építve);
- ◆ Telepítő (málházó) gém (Szállító és málházó keretre építve);
- ◆ Két fél hídszerkezet;
- ◆ Hidraulikus rendszer (Szállító és málházó keretre építve);
- ◆ Elektromos vezérlőrendszer;
- ◆ Dízel-hidraulikus erőforrás;
- ◆ Lézer távmérő és kamera REB-ABLK (REB-Adaptable Bridge Launching Kit – Illeszthető (Le- és felszerelhető) hídelepitő-málházó készlet.

A hídrendszer szállítását, telepítését és málházását – a Ribbon bridge (RB), az Improved Ribbon Bridge és a Heavy Dry Support Bridge hidaknál jól bevált – M1977 Common Bridge Transporter (CBT) – Szabványos hídszállító<sup>35</sup> biztosítja.



17. sz. kép REBS az M1977 Szabványos hídszállító járművön<sup>36</sup>

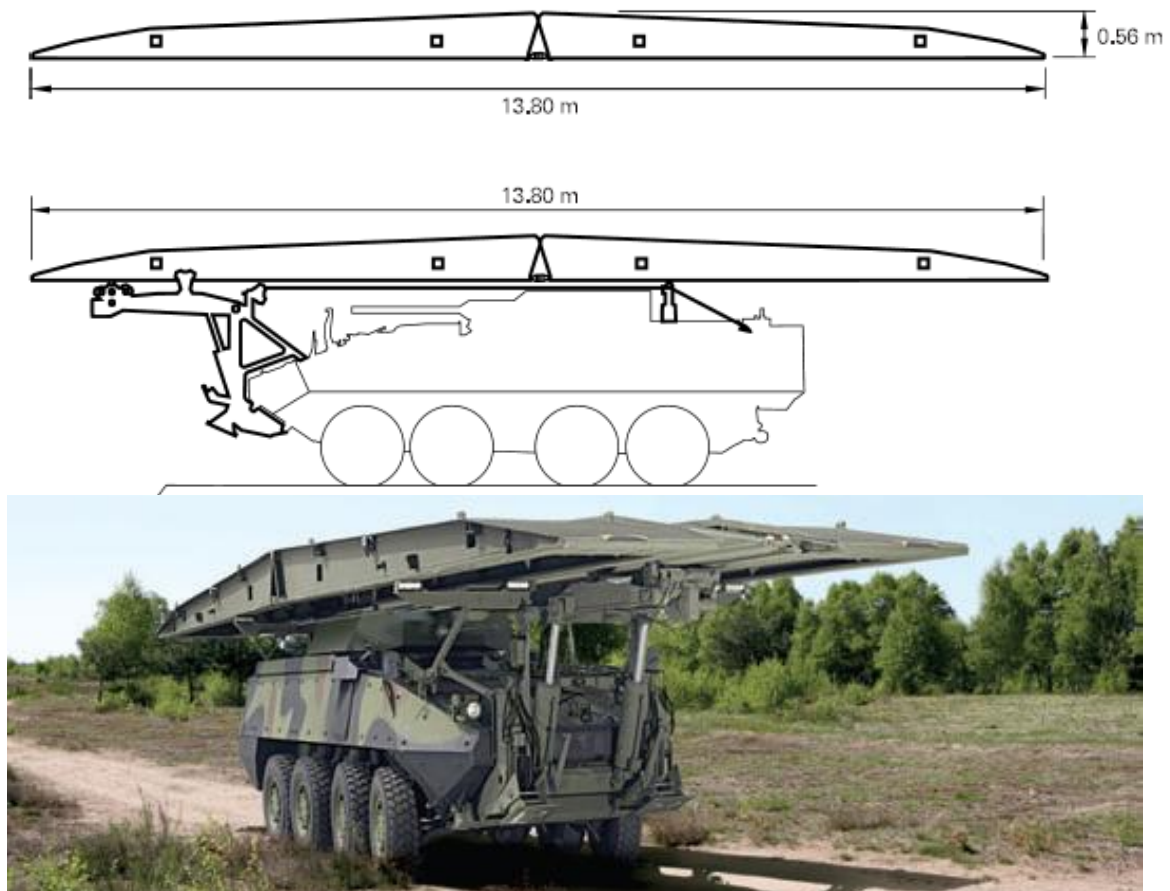
<sup>34</sup> Forrás: [http://www.gdsbs.de/fileadmin/pdf/prospekt\\_rebs.pdf](http://www.gdsbs.de/fileadmin/pdf/prospekt_rebs.pdf), 2. oldal. 2011.12.23.

<sup>35</sup> Részletes ismertetése sorozatunk II. részében található a „ponton- vagy szalaghidak” részben.

<sup>36</sup> Forrás: [http://www.gdels.com/brochures/bridge\\_rebs.pdf](http://www.gdels.com/brochures/bridge_rebs.pdf), 4. oldal. 2012.01.23.

A szállító és málházó keret (a híddal) bármely 10–15 tonna teherbírású PLS (Palletized Load System – horgos emelőkaros (ön-) málházó) rendszerrel ellátott tehergépjárművön szállítható.

A REBS híd felszerelhető a 8x8 meghajtású páncélozott harcjárművekre, mint a például a Stryker és Piranha III.



18. sz. kép REBS a PIRANHA III típusú harcjárművön<sup>37</sup>

#### A REBS főbb jellemzői<sup>38, 39</sup>

<b>REB híd (nyitott)</b>	
Terhelhetőség	MLC50
Teljes hossz	13,8 m
Szélesség	3,35 m
Magasság	0,56 m
Nyomsáv szélesség	1,2 m
Teljes tömeg	4800 kg
<b>REBS szabványos szállítójárművön</b>	
Teljes hossz	7,63 m
Szélesség	2,79 m
Magasság	2,2 m
Teljes tömege	9450 kg
A híd telepítési ideje	< 10 perc
<b>REB–ABLK harcjárműre szerelve</b>	
ABLK tömege	1800 kg
A híd telepítési ideje	< 2 perc

<sup>37</sup> Forrás: [http://www.gdels.com/brochures/bridge\\_rebs.pdf](http://www.gdels.com/brochures/bridge_rebs.pdf), 4. oldal. 2012.01.23.

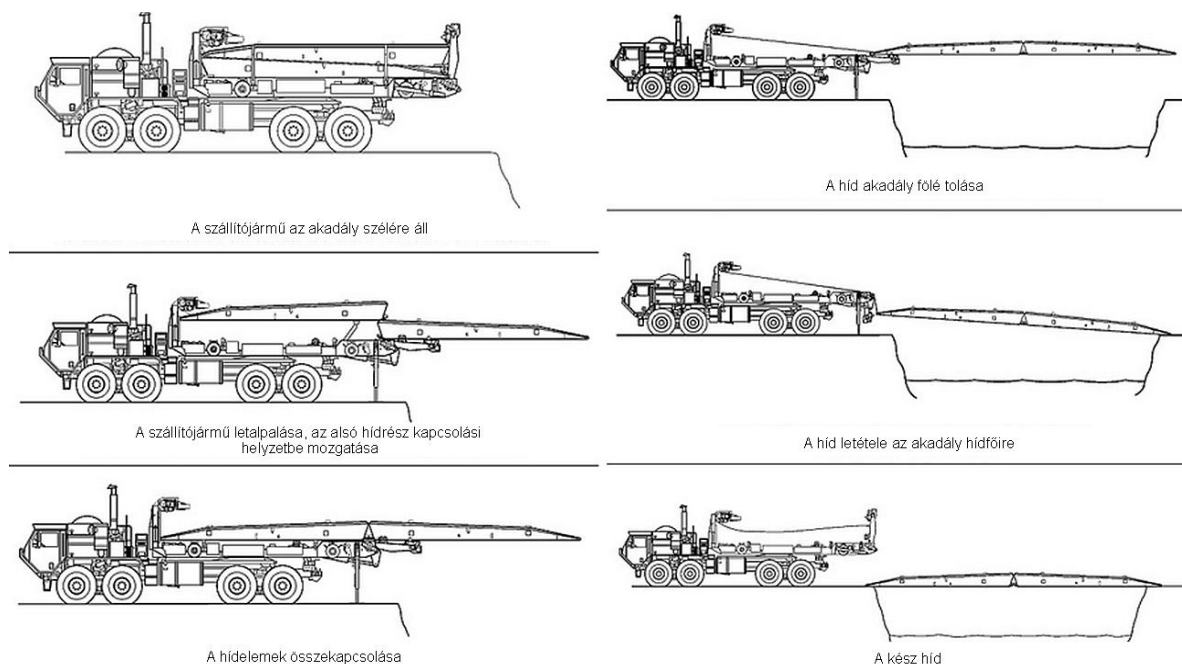
<sup>38</sup> Forrás: <http://www.army-technology.com/projects/rebs-rapidly-emplaced-bridge-system> 2012.01.30.

<sup>39</sup> Forrás: [http://www.gdsbs.de/fileadmin/pdf/prospekt\\_rebs.pdf](http://www.gdsbs.de/fileadmin/pdf/prospekt_rebs.pdf), 4. oldal. 2012.01.28

Légi szállíthatóság	
REBS (híd a kerettel)	C-130, C-141, C-160, C-17, C-5, A 400M
REB (telepített híd külső függesztéssel)	CH-47
ABLK	Minden légi jármű melynek terhelhetősége több mint 1800 kg

REBS hídkészlet lehetővé teszi a száraz- és vízi akadályok leküzdését 13 m-es fesztávolságig a kerekes és lánctalpas járművek részére MLC50 teherosztályba sorolásig.

A vízszintesen kitolható híd üzemeltetését (telepítés, málházás) 2 fős kezelőszemélyzet hajtja végre. A szállítójárművön lévő híd telepítése, málházása a szállító és málházó keretre épített, távvezérlésű, hidraulikus működtetésű telepítő és málházó berendezés segítségével kerül végrehajtásra. A hídkészlet telepítését, málházását a szállítójármű vagy szállító és málházó keretre épített (független) dízel-hajtású hidraulikus rendszer biztosítja.



4. sz. ábra A REBS telepítésének mozzanatai<sup>40</sup>

A meghatározott katonai feladatok hatékonyságának növelése, a REBS hídkészlet alkalmazásának rugalmasabbá tétele érdekében került kifejlesztésre a REB-ABLK készlet. A fejlesztés lehetővé teszi a lánctalpas és kerekes harcjárművek részére – a fegyverzet vagy egyéb berendezések eltávolítása nélkül – a REB hídkészlet alkalmazását a harcjármű páncélvédelme alatt.

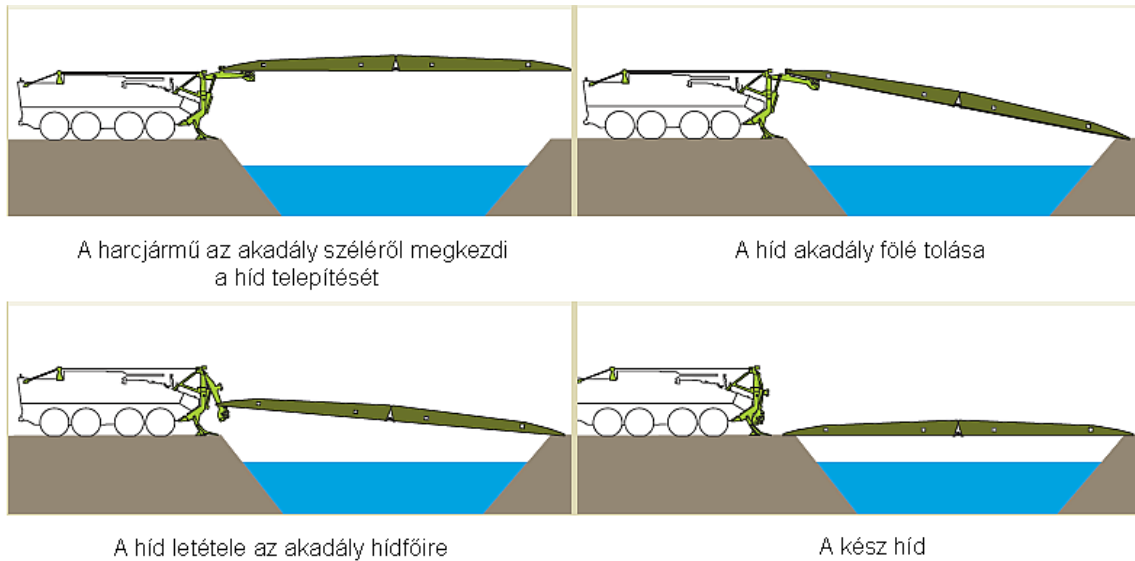
REB-ABLK a harcoló erők egy ideiglenes (fel- és leszerelhető) eszköze, mely jelentősen megnöveli ezen erők akadályleküzdő képességét.

Az ABLK készlet nagy előnye, hogy a harcoló erők logisztikai- vagy támogató alegységeinek járművein szállítható és a harcjármű kezelőszemélyzete által kb. 30 perc alatt az adott harcjárműre felszerelhető. A BAP-on (Bridge Adaptor Pallet – szabványos hídmáhházó kerettel) szállított híd előkészítése a leküzdendő akadály közelében kijelölt, fedett helyen történik, ahol az ABLK felszerelése utána harcjárműre málházásra kerül a REB hídkészlet. A málházást követően a harcjármű a híddal a kijelölt átkelőhelyre előremozog, telepíti a hidat és leküzdí az akadályt. A híd telepítése teljes páncélvédelem mellett, kevesebb, mint 2 percet vesz igénybe.

<sup>40</sup> Szerkesztette Dr. Szabó Sándor a <http://www.thinkdefence.co.uk/2012/02/uk-military-bridging-equipment-br90-and-rebs/> ábra alapján. 2012.03.27.



A telepített híd mindkét oldalról felvehető, amely lehetővé teszi a híd következő átkelőhelyre szállítását és újbóli alkalmazását a harcjármű páncélvédelme mellett. A híd vízszintes telepítése jelentősen csökkenti az ellenség felderítési lehetőségét.



5. sz. ábra REB-ABLK híd telepítésének mozzanatai<sup>41</sup>

Az ABLK az akadály(-ok) leküzdését követően rövid idő alatt eltávolítható a harcjárműről, mely folytathatja a részére meghatározott harcfelelet végrehajtását. A telepített („hátrahagyott”) híd más harcjárművel, (ABLK alkalmazásával) vagy a logisztikai- illetve a támogató alegységeknél található PLS rendszerű járművekkel is az akadály mindkét oldaláról felszedhető.



19. sz. kép Áthaladás a telepített hídon<sup>42</sup>

<sup>41</sup> Szerkesztette Dr. Szabó Sándor a <http://www.army-guide.com/eng/product2102.html> ábra alapján. 2012.03.27.

<sup>42</sup> Forrás: <http://www.gdels.com/media/photo.asp> 2012.04.05. (Csak regisztrált felhasználó részére.)

Az új REB-ABLK alkalmazás a megbízhatóságot, mobilitást és a rugalmasságot képviseli a fejlett hídépítési technológiában.<sup>43</sup>

A brit hadsereg az Afganisztánban jelentkező hídépítési igények kielégítése céljából vásárolt néhány REBS hídrendszert. A hídrendszer előnyének tartják, hogy a híd, bármely típusú Demountable Rack Offload and Pickup System (DROPS) – Önrakodó rendszerrel ellátott – járműről telepíthető. A brit hadseregben a REBS hídrendszert az Enhanced Palletised Loading System (EPLS) – továbbfejlesztett raklapos rakodási rendszerrel ellátott HX77 típusú Man Support Vehicle (MSV) – Man támogató szállítójárművel használják. A hídrendszer további előnyének tekintik, hogy a híd vízszintes telepítése sokkal előnyösebb, – nehezebben felderíthető – mint a brit mérnökök által kifejlesztett Modular Bridging System (BR90) – Modul Hídrendszer.<sup>44</sup>



20. sz. kép Angol REBS Man típusú szállítójárművön<sup>44</sup>

A britek úgy értékelik, hogy a REBS egy ügyes hídrendszer, ugyanúgy, mint az ERE Logistics S80T – ERE Logisztikai S80T típusú híd, de nyilvánvaló, hogy az MLC50 terhelési osztály az korlátozással jár. Ez a jelenlegi afganisztáni műveleteknek megfelel, mivel az MLC50 terhelési osztályba sorolható járművek száma jelenleg „minimális”.<sup>44</sup>

## BEFEJEZÉS

A háborús tevékenységek gyakorlati tapasztalatai igazolják, hogy a műveleti területen található hidak (átkelési lehetőségek) rombolása jelentősen megnehezíti a csapatok harcfeladatainak teljesítését<sup>45</sup>, a szükséges után- és hátraszállítások időbeni végrehajtását.

A katonai szakemberek hosszú idő óta kutatják, fejlesztik azokat a műszaki technikai eszközöket és megoldásokat, melyek a fenti nehézségek megoldását hivatottak elősegíteni.

A cikkben bemutatott eszközök a számtalan műszaki szakfeladat közül csak az átkelési feladatok egy szűk területén adnak megoldást. Az átkelést elősegítő „eszköztár” ennél jóval bővebb, terjedelmesebb.

<sup>43</sup> Forrás: [http://www.gdels.com/descargas/ELS\\_Press%20Release\\_REB.ABLKV3.pdf](http://www.gdels.com/descargas/ELS_Press%20Release_REB.ABLKV3.pdf), 2. oldal. 2012.03.29.

<sup>44</sup> Forrás: <http://www.thinkdefence.co.uk/2012/02/uk-military-bridging-equipment-br90-and-rebs/> 2012.03.27.

<sup>45</sup> Néhány tapasztalati példa: Tomolya János, Padányi József: „A műszaki erők alkalmazása az iraki Szabadság Műveletben”. Hadtudományi Szemle 3: (2008) 34–48. oldal.  
[http://hadtudomanyiszemle.zmne.hu/files/2008/3/tj\\_pj.pdf](http://hadtudomanyiszemle.zmne.hu/files/2008/3/tj_pj.pdf)

Tervezett sorozatunk további írásaiban folytatjuk a korszerű műszaki technikai eszközök és harcanyagok jellemzőinek, alkalmazási lehetőségeinek bemutatását, azok jobb megismerése céljából.

A következő publikációnk szintén a „kísérőhidak” csoportjába tartozó hídátkelőhelyek berendezésére alkalmazható eszközök jellemzőivel, alkalmazási elveivel ismerteti meg az olvasót.

## FELHASZNÁLT IRODALOM, FORRÁS

1. Kovács Tibor: A túlélőképesség fokozásának műszaki feladatai. Hadtudomány, 2004/1. szám. 114-122. oldal.
2. Tomolya János, Padányi József: A műszaki erők alkalmazása az iraki Szabadság Műveletben. Hadtudományi Szemle 3: (2008) 34–48. oldal.  
[http://hadtudomanyiszemle.zmne.hu/files/2008/3/tj\\_pj.pdf](http://hadtudomanyiszemle.zmne.hu/files/2008/3/tj_pj.pdf)
3. [http://30.media.tumblr.com/tumblr\\_lvorajYRfv1qlcxqlo1\\_500.jpg](http://30.media.tumblr.com/tumblr_lvorajYRfv1qlcxqlo1_500.jpg)
4. <http://cyberyana.free.fr/army2000/UK/tbt.jpg>
5. <http://freespace.virgin.net/scammell.man/unipower.html>
6. [http://realitymodfiles.com/rhino/tuts/csb\\_placement/ref\\_7.jpg](http://realitymodfiles.com/rhino/tuts/csb_placement/ref_7.jpg)
7. <http://www.army-guide.com/eng/product2102.html>
8. <http://www.army.mod.uk/royalengineers/equipment/703.aspx>
9. [http://www.army-technology.com/contractor\\_images/man/man1.jpg](http://www.army-technology.com/contractor_images/man/man1.jpg)
10. <http://www.army-technology.com/projects/rebs-rapidly-emplaced-bridge-system/>
11. [http://www.defencedirectory.com/pages/suppliers/supplier\\_product\\_data/product\\_data\\_template\\_7.html](http://www.defencedirectory.com/pages/suppliers/supplier_product_data/product_data_template_7.html)
12. <http://www.flickr.com/photos/73614187@N03/6824283933/sizes/l/in/photostream/>
13. [http://www.gdels.com/brochures/bridge\\_rebs.pdf](http://www.gdels.com/brochures/bridge_rebs.pdf)
14. [http://www.gdels.com/descargas/ELS\\_Press%20Release\\_REB.ABLKV3.pdf](http://www.gdels.com/descargas/ELS_Press%20Release_REB.ABLKV3.pdf)
15. <http://www.gdels.com/media/photo.asp>
16. [http://www.gdsbs.de/fileadmin/pdf/prospekt\\_rebs.pdf](http://www.gdsbs.de/fileadmin/pdf/prospekt_rebs.pdf)
17. [http://www.gmhutcheson.com/images/ESE\\_AVLB.JPG](http://www.gmhutcheson.com/images/ESE_AVLB.JPG)
18. [http://www.military-today.com/trucks/unipower\\_m\\_series.htm](http://www.military-today.com/trucks/unipower_m_series.htm)
19. <http://www.protruckservices.com/TBT/scan00185.jpg>
20. <http://www.realitymod.com/forum/f189-modding-tutorials/83359-map-tutorial-close-support-bridges-csb-placement.html>
21. <http://www.realitymod.com/forum/f389-pr-dev-blogs/82507-developing-csbs-idea-up-r-dev-rhino.html>
22. <http://www.thinkdefence.co.uk/2010/08/military-bridging/>
23. <http://www.thinkdefence.co.uk/2011/12/uk-military-bridging-equipment-assault-bridging/>
24. <http://www.thinkdefence.co.uk/2012/02/uk-military-bridging-equipment-br90-and-rebs/>
25. <http://www.thinkdefence.co.uk/wp-content/uploads/2010/08/ABLE-01.jpg>
26. <http://www.thinkdefence.co.uk/wp-content/uploads/2010/08/ABLE-04.jpg>
27. <http://www.thinkdefence.co.uk/wp-content/uploads/2010/08/ABLE-06.jpg>
28. <http://www.thinkdefence.co.uk/wp-content/uploads/2010/08/GSB-ABLE.jpg>
29. <http://www.thinkdefence.co.uk/wp-content/uploads/2010/08/Tank-Bridge-Transporter.jpg>
30. <http://www.trucksplanet.com/catalog/model.php?id=1149>

Laczik Balázs<sup>1</sup>

## ÉPÜLETEK ROBBANTÁSOS TERRORISTA CSELEKMÉNYEK ELLENI VÉDELMEINEK NEMZETKÖZI ÉS HAZAI JOGI SZABÁLYOZÁSA VALAMINT A VÉDEKEZÉS MÓDJAI, FORMÁI ÉS ESZKÖZEI<sup>2</sup>

*Az 1980-as, 1990-es évektől kezdve a világon egyre nagyobb teret nyertek a politikai vagy egyéb indíttatásból elkövetett terrorista cselekmények. Ezek a merényletek, felhívták az országok vezetőinek figyelmét a probléma kezelésére és megkezdődött a világon a terrorizmus elleni harc fejlesztése, kutatása. A terroristák elleni védekezés különösen nehéz, komoly háttér információk szükségesek az egyes akciók megüjtéséhez, melyhez a rendelkezésre álló adatok, erők és eszközök nem minden esetben elégségesek. A védekezéshez ki kell dolgozni azokat a védelmi módszereket, elveket, melyek már célirányosan egy bekövetkezett támadás hatását és a lehetséges áldozatok számát csökkentik. Ebben a cikkben megvizsgálom a nemzetközi és hazai jogszabályi háttérrel – amennyiben az létezik – illetve bemutatom a védelmet megvalósító legjellegzetesebb műszaki megoldásokat, berendezéseket.*

*Kulcsszó: épület, robbantás, terrorizmus, védelem, szabványok.*

### BEVEZETŐ

A terrorista támadások egyik leggyakoribb formája a robbantásos merényletek. A kivitelezése széles skálán mozog, a levélbombától az öngyilkos merénylőkig sokféle módszerrel és eszközzel igyekeznek elérni a céljaikat. Sok esetben az elkészített robbanószerkezetek bejuttatása az épületbe komoly korlátokba ütközik a fejlett vagyoni védelmi rendszereknek köszönhetően. Ezért a terroristáknak céljaik eléréséhez vagy komoly előkészületeket kell tenni a robbanószerkezet épületbe történő bejuttatásához, vagy olyan kevésbé előkészített támadást kell végrehajtani, amelynek nem célja a robbanószerkezet épületbe juttatása, hanem elegendő az épület mellett elhelyezni. A különböző országokban elkövetett terrorista robbantások hatására a világon erőfeszítéseket tesznek a terrorista támadások lehetőségének a minimalizálására. Nemzetközi szinten munkacsoportok foglalkoznak az országokba bejutó és keringő illegális robbanószerkezetek felkutatásával illetve a terrorista elemek kiiktatásával. A terrorizmus elleni harc alapjait a jogszabályok adják, ezért minden ország igyekszik a nemzetközi iránymutatásokat átvenni, kidolgozni a saját országára vonatkozó előírásokat és iránymutatásokat. Sajnos az épületek tervezésénél és kivitelezésénél a terrorizmus elleni védelem nem jelenik meg a tervezési követelményekben és a jogi szabályozásban. A cikk célja ennek a problémának a feltárása illetve bemutatása. Rávilágítok a nemzetközi jogszabályi rendszer jellemző elemeire, valamint a hazai jogszabályi háttérre.

<sup>1</sup> Laczik Balázs t. százados a Nemzeti Közszolgálati Egyetem KMDI doktorandusza

<sup>2</sup> Bírálta: Prof. Dr. Szabó Sándor ny. mk. ezredes egyetemi tanár



# 1. AZ ÉPÜLETEK ROBBANTÁSOK HATÁSAIVAL SZEMBENI VÉDELMENEK NEMZETKÖZI ÉS HAZAI JOGI SZABÁLYOZÁSA

A nemzetközi és hazai jogi szabályozást három alapvető területen keresztül mutatom be. Először megvizsgálom a haza jogszabályi hátteret, azt, hogy milyen közvetett vagy közvetlen jogszabályi előírások találhatók az épületek védelmére. Ezt követően áttekintem az Európai Unió terrorizmus elleni harcának jogi szabályozásait, illetve, azt, hogy ezekben a dokumentumokban vannak-e az épületek védelmére történő utalások. Végül kitérek az USA ilyen irányú jogszabályainak bemutatására illetve azokra a tanulmányokra, iránymutatásokra melyek a jogszabályra épülnek.<sup>3</sup>

## 1.1. A Magyarországi terrorizmus elleni védekezés az épületek robbantások hatásaival szembeni védelmének szempontjából

Magyarország terrorizmus elleni védekezésének jogszabályi háttere a nemzetközi egyezményekkel valamint az Európai Unió jogharmonizációjával kapcsolható össze. Az épületek robbantásos terrorista cselekményekkel szembeni védelme ennek a területnek egy speciális részét képezi, ezért tartom szükségesnek az alapvető jogszabályi háttér ilyen irányú vizsgálatát.

Magyarországon az épületek védelmének alapelveit tekintve két részre osztható, amely egy köztes időszakkal különíthető el egymással. Az első szakasz a szocializmus évtizedei alatt fedezhető fel, ebben az idő intervallumban nem kifejezetten nevesítve jelent meg a terrorizmus, hanem különféle – az akkori kor elvárásának megfelelő – fogalmakat használtak (kémkedés, reakciós merényletek stb.). Ebben az időszakban az emberi élet- és anyagi javak védelme az épületek vonatkozásában az óvóhelyek létesítését takarta jobbra. Jelentős szakirodalom állt rendelkezésre és készült az ilyen jellegű támadások kezelésére, illetve az esetlegesen bekövetkezett események elhárítására, felszámolására. A készenlétben álló erők, alkalmazott eljárások, előírások és szakirodalom jellegét tekintve más területet igyekezett lefedni, a védekezés egy külső erő általi támadás elleni védekezésre helyezte a hangsúlyt. Ez azonban nem egyezik meg a terrorizmus elleni védekezéssel. Az 1990-es évek rendszerváltását követően szemléletmód-váltás történt, az ország vezetése a nyugat irányába nyitott. Az akkor már helyenként fel-fellángoló terrorista támadások, háborús területen végrehajtott gerilla-támadások kormányzati épületek ellen távolinak tűntek. A terrorizmus előszele a 90-es években már érezhető volt, ezért az ENSZ New Yorkban, 1997. december 15-én a robbantásos terrorizmus visszaszorításáról közös álláspontra alakított ki. Ezt követően alig telt el egy évtized és a világnak szembe kellett néznie 2001. szeptember 11-el, a 2004-es Madridi robbantással és a 2005-ös Londoni eseményekkel. Az Európai Unió a 2001-es amerikai események hatására megalkotta a saját irányelveit a terrorizmus elleni védekezéssel. A magyarországi vonalat vizsgálva, hazánk 2002-ben ratifikálta a fentiekben említett 1997-es nemzetközi egyezményt. Az egyezmény tartalmát tekintve a terroristák felelősségre vonását szorgalmazza, illetve az aláíró államok közötti együttműködést nyomatékosítja. A ratifikált Unió, ENSZ és egyéb jogszabályok a terrorizmus megakadályozásával, megelőzésével illetve ellehetetlenítésével foglalkoznak, továbbá az országok közötti együttműködést hivatottak erősíteni. Ezek a jogszabályok nem tartalmazzak olyan utalást, amely egy esetlegesen „sikeres” támadás kivédésére illetve annak következményeinek csökkentésére vonatkozna. Jelen esetben a védekezést az épületek elleni támadások szemszögéből

<sup>3</sup> A témával kapcsolatosan lásd: Prof. Dr. Szabó Sándor – Dr. Tóth Rudolf: Építmények robbantásos cselekmények elleni védelmének növelési lehetőségei. Forrás: <http://hhk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/pdfanyagok2012kulonszam/18%20teljesszam.pdf>, 14–25. oldal. 2012.11.26.

vizsgálom. A hazai szabályozás az épületek védelme szempontjából bizonyos esetekben csak közvetve vehető figyelembe. A jogszabályok általánosságban tartalmazzák az élet és vagyonbiztonságot, továbbá az épületek fizikai hatásokkal szembeni védelmét melybe beletartozhat a terrorista robbantások hatásainak kivédése is.

Az Országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. Rendelet 50. § (5) bek. szerint, melyet a Kormány 211/2012. (VII. 30.) Korm. rendelete az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet módosításáról 2012. VII. 30-án kiadott „Az építményt és annak részét, szerkezetét, beépített berendezését és vezetékrendszerét úgy kell tervezni és megvalósítani, hogy azok karbantartás, korszerűsítés, esetleges csere céljából – a csatlakozó szerkezetek állékonyságának veszélyeztetése nélkül – hozzáférhetőek legyenek, valamint azok a magyar nemzeti szabványok által megkövetelt biztonsággal

a) feleljenek meg a tervezett vagy becsült élettartamuk alatt – a rendeltetési céljuknak megfelelő biztonsággal – az állékonyság és a mechanikai szilárdság, valamint a rendeltetésszerű és biztonságos használat követelményeinek,

b) nyújtsanak védelmet a várható hatások okozta ártalmak ellen az építmény rendeltetésszerű használat során, és

c) feleljenek meg és álljanak ellen a várható mértékű terheléseknek, hatásoknak.”<sup>4</sup>

Ebben az esetben felmerül a kérdés, mi az előírt mérték és milyen paramétereket vagy terhelési értékeket kell figyelembe venni ahhoz, hogy az épületek ellenálljanak a robbantási hatásoknak? A jogszabályt tovább vizsgálva az 51. § - mely az épületek állékonyságára és szilárdságára vonatkozik a fenti kérdésekre általános választ ad. Az (1) bekezdés a rendeltetésszerű használatban ad némi támpontot: „Az építményt és annak részeit, szerkezetét, beépített berendezéseit és vezetékrendszereit úgy kell tervezni és megvalósítani, hogy a megvalósítás és a használat során fellépő várható terhek, hatások ne vezethessenek

a) az építmény és részei teljes vagy részleges összeomlásához,

b) az építmény és szerkezetei megengedhetetlen mértékű deformációjához,

c) az építmény teherhordó szerkezetének jelentős deformációja miatt a beépített berendezések és szerelvények károsodásához, valamint

d) az építési tevékenység közben az építés alatt álló szerkezetek és a csatlakozó vagy a szomszédos szerkezetek tönkremeneteléhez.”<sup>5</sup> Ugyanezen jogszabály 51. § (3) bekezdése hivatkozik a polgári védelmi szabályok betartására „Az építmény és szerkezetei feleljenek meg a polgári védelem jogszabályban előírt követelményeinek.”<sup>6</sup> Az épületek polgári védelmi követelményeit a 2/2002. (I. 23.) BM rendelet tartalmazta, de csak azon épületekre, melyekben életvédelmi épületrész (óvóhelyet) kellett kialakítani illetve kettős rendeltetésű létesítményként került kialakításra. A 2/2002. (I. 23.) BM rendeletben a polgári védelmi követelmények az életvédelmi létesítményekre, az ezekhez tartozó nyílászárók, épületgépészeti berendezések, épületszerkezetek műszaki kialakítására vonatkoznak. Ezt a

<sup>4</sup> Forrás: A Kormány 211/2012. (VII. 30.) Korm. rendelete az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet módosításáról. Letöltés: 2012.11.29. <http://www.epitesz-terv.hu/index.php/2112012-vii-30-korm-rendelet-otek-modositasa.html>.

<sup>5</sup> Forrás: A Kormány 211/2012. (VII. 30.) Korm. rendelete az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet módosításáról. Letöltés: 2012.11.29. <http://www.epitesz-terv.hu/index.php/2112012-vii-30-korm-rendelet-otek-modositasa.html>.

<sup>6</sup> Országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. Rendelet – [www.magyarorszag.hu](http://www.magyarorszag.hu) Letöltés: 2012. június 10.

rendeletet a 9/2008. (II. 22.) ÖTM rendelet hatályon kívül helyezte, habár az óvóhelyek létesítési követelményeit szabványként lehet még alkalmazni. Ez az irány a cikk szempontjából zsákutca, mivel nem tartalmaz az általános, mindennapi használatú épületekre vonatkozóan a terrorista robbantások elleni védekezésre irányuló előírásokat. A régi polgári védelmi szakirodalomban fellelhetők a mindennapi, általános használatú épületekre vonatkozó iránymutatások (pl.: romhatáron kívül történő telepítés, településrendezési alapelvek stb.), melyek analógiájukat tekintve alkalmazhatók lennének. Ezek azonban nem jogszabályok, vizsgálatukra jelen cikk nem terjed ki.

A hazai szabályozásban azonban az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat kiadásáról szóló 13/2010. (III. 4.) KHEM rendeletben (továbbiakban: „Szabályzat”) található kézzelfogható előírások épületek védelmére. A szabályzat hatálya a robbanóanyagok és lőszeresek gyártására, tárolására, felhasználására és raktározására terjed ki. A Szabályzatban robbanóanyagok gyártásánál konkrét előírások találhatóak azokra az épületekre, melyekben robbanóanyag gyártása folyik. Természetesen ezek az előírások speciálisan a gyártó üzemekre készültek, de egyes rendelkezései alkalmazhatók más célú épületekre, létesítményekre is. A jogszabály szorosan összefüzdik a tűzvédelmi követelményekkel, illetve alkalmazza a tűzvédelmi követelményrendszereket például az épületszerkezetek tűzzel szembeni ellenállásának értékeit. Az épületek védelmét két részre osztja, a belső védelem illetve a külső védelem kialakítására. A belső védelem nagy hangsúlyt fektet a robbanási túlnyomás irányított levezetésére, valamint a rendelkezésre álló üvegfelületek hasadó-nyíló felületként történő alkalmazására. A hasadó-nyíló felületekre vonatkozó előírások a tűzvédelmi jogszabályokban, az Országos Tűzvédelmi Szabályzat kiadásáról szóló 28/2011. (IX. 6.) BM rendeletben találhatóak a robbanásveszélyes terekre. Ezek a követelmények alkalmazhatóak olyan épületekre is, amelyek kockázati besorolása szükségessé teszi a robbantásos cselekmények elleni védelmüket. A Szabályzatban az épületek külső védelme a védőtávolságokon és a terelőfalakon, terelősáncokon alapul. A külső védelemmel (terelősánc, védőtávolságok) szemben támasztott követelmények pontosan kerülnek meghatározásra. A Szabályzat foglalkozik az épületszerkezetekkel szemben támasztott követelményekkel illetve az épületgépészeti rendszerek előírásaival is. Az épületszerkezetekre és épületgépészeti rendszerekre vonatkozó előírások szintén az Országos Tűzvédelmi Szabályzat követelmény és jelölés-rendszerén alapul.

A Szabályzaton kívül, a hazai szabályozásban egyéb olyan jogszabály, amely kifejezetten az épületek robbanási hatásokkal szembeni ellenálló-képességére vonatkozik nincs. Az ilyen irányú igények kielégítése csak abban az esetben valósul meg, ha az építető, a tulajdonos kifejezetten felhívja a tervezők és kivitelezők figyelmét, az létesítmény ez irányú védelmének megvalósítására. Ebben az esetben a nemzetközi tanulmányokból, hazai szakértők által meghatározottakból, vagy egyéb jogszabályok analógiáját követve (pl.: Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat) illetve elemeket átemelve lehetséges a védelem kialakítása.

## **1.2. Európai Unió jogi háttere az épületek robbantásos cselekmények elleni védelmére**

Az Európai Unió jogszabályi keretrendszerét alkot a tagországok számára, ezt a keretet a közösen ratifikált egyezmények és jogszabályok adják. Az Európai Unió harca a terrorizmus ellen több részre bontható. Elsőként kell megemlíteni a 2001. szeptember 11-ei USA-ban elkövetett merénylet-sorozatot, mely nem csak az Unió, de az egész világ figyelmét felhívta a terrorizmus elleni harc fontosságára. A terrorizmus leküzdése érdekében az egyes személyekkel és szervezetekkel szemben hozott különleges korlátozó intézkedéseket vezettek be. A második jelentős esemény-sorozat, amely hatással volt az Unió jogi szabályozására, a 2004-es Madridi, és a 2005-ös Londoni események. Az Unió szembesült azzal a valós

fenyegetéssel, mely államainak határán belül tapasztalható. A XXI. századi gondolkodásmódnak megfelelően, az Unió jogalkotói a terrorista tevékenység ellehetetlenítéséből indultak ki. Az egyes tagországok rendőrségei, illetve a nemzetközi rendőri szervezetek (Interpol, Europol stb.) komoly figyelmet fordítottak a terrorista-gyanús személyek, szervezetek felderítésére. Ehhez azonban több esetben is évekre volt szükség. Jelenleg az Unió jogszabályok jelentős része a pénzmosás illetve a terrorista szervezetek által alkalmazott anyagi források megszerzésének a megakadályozására, felderítésére irányul, melynek alapvető célja a terroristák pénzügyi forrásainak befagyasztása.

Az Unió irányelveket olyan szűk szeletre, mint az épületek védelme a terroristák robbantásos cselekménye ellen vagy csak az épületek védelmével kapcsolatos irányelvet nem adott ki, ezek kidolgozását tagországainak jogszabályalkotóira bízta.

### 1.3. Az USA szabályozási háttere

Az Amerikai Egyesült Államok (továbbiakban: USA) tagországokból áll, melyeknek saját kormányzói és jogszabályai vannak, a fölöttük álló mindent összefogó minisztériumok komoly erőket fordítanak a közös jogszabályok, szabványok létrehozására.

Az USA a világ minden területén jelen van és számos érdekeltségi szál fűzi a Közel Kelethez is. Az első szembesülés az USA terrorista fenyegetettségére, a Szaúd Arábia Dhahran-beli Khobar-torony elleni merénylet volt, ahol az USA katonai egységeinek irodaháza ellen követtek el robbantásos cselekményt. A merénylet 1996. június 25-én történt, ahol 19-en meghaltak és mintegy 500-an sebesültek meg. A merényletet teherautóba rejtett bombával hajtották végre.



*Nineteen US citizens were killed and some 500 other persons were wounded in the truck bombing of the US military's Khobar Towers housing facility near Dhahran, Saudi Arabia, in June 1996.*

1. sz. kép A Khobar torony elleni merénylet<sup>7</sup>

<sup>7</sup> <http://airforce.togetherweserved.com/usaf/servlet/tws.webapp.WebApp?cmd=ShadowBoxProfile&type=EventExt&ID=16052> Letöltés dátuma: 2012.06.20.



Az ügy kivizsgálása során a Védelmi Minisztérium (Department of Defense) tanulmányában megállapította, hogy az USA kormányzati épületei a terrorista robbantások hatásaival szemben semmiféle védelemmel nem rendelkeznek. A szaúdi merénylet hatására kezdték el kidolgozni az épületek robbanási hatásokkal szembeni védelmének irányelveit tartalmazó szabványt, melyet 1999-ben kiadtak. 2001. szeptember 11-ét követően az 1999-ben kiadott ideiglenes szabványt véglegesítették. A szabvány előírásait illetve a tanulmányokban végzett kutatások eredményeit alkalmazni kezdték a kormányzati épületek rekonstrukciós programjában, illetve az új épületek létesítésénél. A szabvány hatására több cég kezdett el foglalkozni olyan műszaki megoldásokkal, melyek az épületek közelébe való erőszakos behatolást akadályozzák (gépjármű akadályok) illetve a felderítést szolgálják (röntgen-kapuk) stb.

Az USA által elkészített főbb dokumentumok, melyek az épületek ilyen irányú védelmének szabályozási hátterét képezik az alábbiak:

- 4-010-01 Egységes Létesítményi Követelmények – Védelmi Minisztérium: Minimum antiterrorista követelmények épületekre (Unified Facilities Criteria – Department of Defense: Minimum Antiterrorism Standards for Buildings)
- 4-010-02 Egységes Létesítményi Követelmények – Védelmi Minisztérium: Épületek minimális antiterrorista biztonsági távolsága (Unified Facilities Criteria – Department of Defense: Minimum Antiterrorism Standoff Distances for Buildings)
- Épületek elleni terrorista támadások valószínűségének csökkentése (Risk Management Series Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings – FEMA 426 Decembre 2003.)
- Hogyan tovább? Terrorista támadások valószínűségének csökkentése (Risk Management Series Reference Manual A How-to Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings – FEMA 452 January 2005.)
- Közösségi létesítmények védelme terrorista támadások ellen (Risk Management Series Reference Manual Incremental Protection for Existing Commercial Buildings from Terrorist Attacks – FEMA 459 April 2008.)

A továbbiakban bemutatom a fent felsorolt dokumentumok célját, ismertetem azok tartalmát átfogó képet adva az USA által alkalmazott alapelvekről és módszerekről. Továbbá az előírások ismertetése során konkrét példákat mutatok be az elérhető műszaki megoldásokból.

## 2. AZ AMERIKAI EGYESÜLT ÁLLAMOK SZABÁLYOZÁSI HÁTTERE AZ ÉPÜLETEKKEL SZEMBENI TERRORISTA ROBBANTÁSOS CSELEKMÉNYEK VÉDELME ÉRDEKÉBEN

A Department of Defense (Védelmi Minisztérium, továbbiakban: DoD) azt a célt tűzte ki maga elé – ezáltal jelentős elkötelezettséget vállalva –, hogy hatékony megoldásokat keressen az állami épületekben dolgozók védelmére, minimalizálják a lehetséges áldozatok számát egy esetleges terrorista támadás esetén. Ennek a feladatnak a végrehajtására elsősorban jogszabályi alapokat kellett megteremteni. Az előzményeket a már említett Khobar-torony elleni merénylettel kapcsolatban készült jelentés adta, melyben rögzítették a kormányzati épületek védelmének teljes hiányát.

## 2.1. 4-010-01, 4-010-02 UFC szabvány áttekintése<sup>8</sup>

Az USA nem engedhette meg magának, hogy a külföldön szolgálatot teljesítő kormányzati dolgozói, katonái a terrorista robbantások általi fenyegetésnek kitégye. Ennek a problémának a megoldására a védelmi minisztert bízták meg, hogy átfogó irányítás alatt, az épületek sebezhetőségének csökkentése érdekében kidolgozzák a védekezés alapelveit. A sebezhetőség csökkentése kiterjed a már meglévő és az új építésű épületekre is. A szabvány minden katonai létesítményben biztosítani fogja a terrorizmus elleni védekezést, minden létesítési tervbe bedolgozásra kerülnek az épületek sebezhetőségét és terrorista-fenyegetését csökkentő előírások.

A szabvány 1999-ben kiadott „alap” verziója csak a katonai kivitelezésű létesítményekre vonatkozott (Military Construction – MILCON). A kormányzati épületekre történő alkalmazása a 2002-ben kezdődő nagy felújítási programban került először alkalmazásra. A szabvány előírásait 2002 júliusától minden DoD létesítményben egységes kritériumként alkalmazzák. A védelmi intézkedések a finanszírozás során elsőbbséget élveztek, a kor színvonalának megfelelő legmagasabb szintű védekezést valósították meg. A szabványt 2003 októberében majd 2007 januárjában is módosították, ezek a módosítások túlnyomórészt a kettős értelmezhetőségeket valamint a félreérthető előírásokat küszöbölték ki.

A DoD-ban dolgozó személyek védelme érdekében meg kell velük ismertetni és értetni a terrorista fenyegetés tartalmát és valóságát. A szabvány alkalmazásainak összeegyeztethetőnek kell lennie az észlelt illetve az azonosított kockázattal. Alapvető elvárás, hogy mindenki felelős a munkatársáért illetve az egyéb erőforrásokért. Minden DoD alkalmazott, kivitelező illetve ezek családtagjai felelősek, a terrorista támadások lehetőségének minimalizálása érdekében, hogy minél alacsonyabb kockázatot jelentsenek magukra, a munkájukra, munkatársaikra, családtagjaikra és ezen keresztül a Minisztériumra.

A kivitelezés során a kivitelezők, műszaki ellenőrök felelősek azért, hogy a szabványban meghatározott követelmények maradéktalanul teljesüljenek. Az épületek alkotják a terrorista támadásokkal szembeni védelem első vonalát, ezért különösen fontos, hogy a védekezés megvalósítása az előírásoknak megfelelően történjen. A szabvány előírásait nem csak az új létesítményeknél kell betartani, hanem mindazon létesítményeknél melyek a DoD használatában vannak (bérlemények). A létesítmény vezetőinek egyeztetniük kell a központi szervezettel, ügynökséggel bármilyen tatarozás, építési projekt, meglévő épület, bérlemény használatba vétele esetén és meg kell valósítaniuk a szabvány előírásait. A finanszírozás hiánya nem lehet kifogás a biztonsági előírások megtartásának elhanyagolására, a létesítmények, szervezeti egységek vezetői teljes felelősséggel tartoznak ezekért.

A projektek minőség-biztosítása érdekében egy belső ellenőrzési folyamat során vizsgálják a szabvány előírásainak teljesítését, ez végrehajtásra kerül minden projekt lezárásakor. A szabvány előírásaitól eltérni csak abban az esetben lehetséges amennyiben az eltérés iránti kérelem mellé benyújtanak olyan terveket, melyek a kockázat csökkentésére irányuló műszaki megoldásokat tartalmazzák.

A legmondosabb tervezés, kivitelezés esetén is előfordulhat, hogy a már beépített vagy az előírások szerint létesített rendszerek védelme ellenére is bekövetkezhet eredményes terrorista-támadás. Az épület műszaki megoldásainak megfelelőségén túl, az adott objektumra ki kell dolgozni a terrorista támadás esetén betartandó rendszabályzatokat, eljárás-

---

<sup>8</sup> 4-010-01 UFC Department of Defense: Minimum Antiterrorism Standards for Buildings szabvány.

Forrás: [http://www.wbdg.org/ccb/browse\\_doc.php?d=1385](http://www.wbdg.org/ccb/browse_doc.php?d=1385) Letöltés: 2012.05.30.

4-010-02 UFC Department of Defense Minimum Antiterrorism Standoff Distances for Buildings szabvány.

Forrás: [http://www.wbdg.org/ccb/browse\\_cat.php?c=4](http://www.wbdg.org/ccb/browse_cat.php?c=4) Letöltés: 2012.05.30.

rendeletet. A létesítmény vezetőségének feladatkörébe tartozik ezeknek a szabályozásoknak a kidolgozása a felelősségi körök tisztázása illetve a döntéstámogatási rendszerek kidolgozása. Az eljárás-rendben található feladatköröket, terrorista-támadás elleni védekezésért felelősöket a létesítményben dolgozók közül választják ki. A csapat számára gyakorlatokat szerveznek illetve a feladataik ellátásához szükséges erőforrásokat a DoD biztosítja.

Az épületek belső védelmén túl a tervezés során kiemelt fontosságú az épület környezete, annak részletes ismerete. A létesítési terveknek tartalmazniuk kell egy átfogó képet adó helyszínrajzot az épület környezetéről. A helyszínrajz tartalmazza a beléptető kapukat, ellenőrző állomásokat. Az utaktól, parkolóktól való minimális távolságot a 4-010-01 UFC szabvány „B” függeléke tartalmazza. Sok esetben a megfelelő védőtávolságokat zöldfelületek kialakításával határozzák meg, amely vizuális szempontból lényegesen barátságosabb képet mutat. Az épületeknél a körbejárhatóság itt is kiemelt szempont.

A szabvány vezérelve, hogy az épületeket átfogó védelembe kell vonni és a „mindenféle támadás elleni védelmet” szem előtt kell tartani. Ennek a kivitelezése sok esetben igen költséges, ezért egyfajta határt kell húzni a kivitelezési költségek és a műszaki megoldások nyújtotta biztonság mértéke között. Egy bizonyos költség-szint után a műszaki megoldások nem jelentenek arányaiban nagyobb védelmet. A védelemtől olyan szintet várnak el, hogy a tömegáldozatok kockázatát csökkentse a minimumra, ami terrorista támadásokból eredhet.

A szabvány logikai felépítése három pillérre támaszkodik:

### ***Idő-tényező***

A védelmi rendszereknek, eszközöknek, a védelem megfelelő szintjét kell nyújtania a terrorista támadásokat már megelőzően, a helyszínen készenlétben kell állniuk. A leghatékonyabb és időtakarékosabb fejlesztés a terrorista támadások ellen az épületek javítása, tatarozása, átépítése során kivitelezhető. Ez mind a ráfordított idő mind költség-hatékonyság szempontjából gazdaságos.

### ***Megfelelő tervezés***

A szabványi előírások részletes útmutatást tartalmaznak a telepítési távolságokra vonatkozóan. A költségek jelentősen növekednek a telepítési távolságok csökkenésével, mivel az azonos védelmi szint eléréséhez az épület védelmét kell magasabb szinten megoldani. Sok esetben egyszerűbb nagyobb telepítési távolságokat tartani, mint az ennek kiváltására más – azonos biztonsági tényezőt nyújtó – műszaki megoldást alkalmazni. A szabvány lehetőséget ad a minimális telepítési távolságok alkalmazására, ezeket „rugalmasan” kezeli, azonban ezért a rugalmasságért más téren komolyabb biztonsági intézkedéseket kell alkalmazni. A távolságok csökkentésével épületszerkezeteknek nagyobb stabilitással kell rendelkeznie a külső behatások ellen, ezáltal a költségek megnövekednek. Sok új létesítmény kivitelezésekor az épphogy elégséges telepítési távolságokkal terveznek, annak ellenére, hogy sokkal célszerűbb nagyobb telepítési távolságokat megtartani, mivel így a kivitelezési költségek jelentősen csökkenhetnek.

### ***Kivitelezési szempontok***

A 4-010-01 szabvány előírásainak elemeit be kell építeni a már használatban lévő DoD létesítménybe. Amíg ezen létesítményeknél nem áll fenn a közvetlen fenyegetés, addig minden kivitelező arra törekszik, hogy a legegyszerűbb és legolcsóbb megoldást alkalmazza egy esetleges támadás esetén a károk minimalizálására. Az elsődleges cél az, hogy a telepítési távolságokkal elérjék, hogy az épületben végzetes (összeomlással fenyegető) károk ne keletkezessenek és a repeszek nyújtotta fenyegetés is minimálisra csökkenjen. Ezek azok az alapelvek, melyeknek a betartására a tervezés és kivitelezés során törekedni kell.

## ▪ Kivitelezési alapelvek

A főbb tervezési stratégiákat a szabvány előírásai tartalmazzák. A szabvány külön-külön nem magyarázza mindegyiket, én a főbb kivitelezési szempontokat az alábbiakban foglalom össze:

- Maximális biztonsági távolság megtartása

Alapvető követelmény, hogy a terroristákat a lehető legtávolabb kell tartani a DoD létesítményektől. Ez az alapelv különösebb magyarázatot nem igényel, a legolcsóbb és leghatékonyabb megoldás. Mindig törekedni kell a lehető legnagyobb biztonsági távolság megtartására, ez a későbbiekben az esetleges épületek bővítésénél, fejlesztésénél is szerepet játszhat.

- Épület összeomlása elleni védelem

Az épület szerkezeteinek összeomlás elleni védelme (romterhelésre méretezése) a tömeges áldozatok elkerülését szolgálja. A szerkezeteknek ellen kell állni a robbanások hatásai ellen. Az épületek minden szerkezeti elemének védettnek kell lennie, mivel ebben az esetben nyújtják a legnagyobb biztonságot illetve jobban ellenállnak az esetleges szélsőséges terhelési értékeknek is.

- Repeszhatások

Azoknál az épületeknél ahol nem alkalmazták ezen szabvány előírásait a robbanás következtében megsérültek jelentős százaléka nem közvetlenül a robbanás hatásának volt kitéve, hanem a lökő hullám által roncsolódó, széthulló repeszeknek. Ezek jobbra a belső építészettől adódó nem tartószerkezeti elemek, falburkolatok, nyílászáró üvegek, szerelvények stb. A repeszhatás elkerülése érdekében bizonyos technikák és építőanyagok alkalmazását kerülni kell. A legtöbb esetben az üveg felületek, amit az épületekbe beépítettek nagyon alacsony robbanási túlnyomásnak állnak ellen, miközben a robbanás hatására pengeszerű darabokra törnek. A repülő szilánkok komoly veszélyt jelentenek a benn tartózkodók számára. Ennek kiküszöbölése kétféle módon lehetséges, vagy az üvegfelületek nagyságát kell csökkenteni, vagy olyan üveg-szerkezetet kell alkalmazni, amely ellenáll a robbanási túlnyomásnak illetve a törés esetén a repülő repeszek nem jelentenek veszélyt. Nem csak a beépített szerkezeti elemek okozzák a személyek sérülését, hanem az épület „ingóságai” tehát a berendezési tárgyak, bútorok, irodai és egyéb eszközök is. Ezek mennyisége, kialakítása és elhelyezése során a fenti szempontokat figyelembe kell venni, illetve azokat rögzíteni kell.

- Helyiségek elrendezése

Az épületek tájolása és alaprajzi kialakítása során figyelembe kell venni azokat a lehetőségeket, hogy milyen módon lehet csökkenteni a sérülések kockázatát, a lefúvatási irányokat illetve, hogy azok a helyiségek ahol egyszerre nagyobb számú személy tartózkodik (pl.: tárgyalók, étkezdé stb.) hogyan helyezkedjenek el az épületben.

## ▪ Tipikus támadási lehetőségek

Ez a fejezet tartalmazza a terroristák által alkalmazott jellemző támadási módszereket. Az elmúlt évek tapasztalatai alapján a terroristák az egyszerű támadási módszereket alkalmazták a leghatékonyabban. Az alábbi támadási módok jelentik a legnagyobb kockázatot az épületekben tartózkodók számára:

- Gépjármű bomba

Az alapvető feltevés, hogy egy parkoló járműben elhelyezett robbanóanyagot akarnak felrobbantani. Ahhoz, hogy a jármű észrevétlen maradjon, feltételezhető, hogy törvényes parkolóhelyen vagy területen fogják elhelyezni a járművet. A járműbombák méretei tipizálhatók az egyes járműkategóriák alapján és TNT egyenérték-tömegre átszámolva jól



definiálhatóak a védőtávolságok. A terroristák célja a jármű észrevétlenségének fenntartása, tehát azt az épület környezetében található parkolóba fogják elhelyezni.

- Telepített robbanószerkezet

A kézben vitt robbanóanyagok, amiket az épületek közelében helyeznek el jelentős helyi károkat okozhatnak illetve különösen veszélyesek a dolgozókra, civilekre. A támadók – az észrevétlenségből kiindulva – nem próbálnak meg robbanószerkezetet olyan területre elhelyezni, ahol azt vizuálisan észlelhetik. A telepített robbanóeszközöknek könnyen szállíthatónak és mozgathatónak kell lenni, ugyanakkor a környezetében ne tűnjön fel senkinek. Ezért ennek kivitelét, tömegét és méretét ehhez kell igazítani.

- Levélbomba

A postai úton kézbesített robbanószerkezetek jelentős helyi károkat, sérüléseket okozhatnak, ha felrobbannak az épületen belül. Az ilyen robbanóeszközök méretével kapcsolatban nincsenek iránymutatások a szabványban. Az ellenük való védekezés során a levélfogadók kialakítására helyezik a hangsúlyt illetve a postázóban történő detektálást helyezik előtérbe a korai azonosítás érdekében.



2. sz. kép Levélbomba<sup>9</sup>

- Indirekt / Direkt tűzfegyver

A feltételezés az, hogy a támadók a katonaságnál rendszeresített vagy már rendszerből kivett – de más országokban még használt – eszközöket alkalmaznak az épület elleni támadás végrehajtására. Ezek az eszközök általában aknavető, hátrasiklás nélküli lövegek. Ezeknek az eszközöknek a hatékony használatához olyan pozíciót kell felvenni, ahonnan pontosan becélózható az épület és a lehető legnagyobb kárt érhetik el a támadók.

- CBRN támadás

Ezeket az eszközöket a terroristák nem „saját kezűleg” kézbesítik, hanem a terroristák által felbérelt ügynökök fogják eljuttatni a célhoz. Az ilyen fenyegetés ellen ezek a szabványok

<sup>9</sup> <http://share-thoughts.blogspot.com/2011/03/letter-bomb-injures-2-at-swiss-nuclear.html> Letöltés dátuma: 2012.06.20.

nem tartalmaznak konkrét előírásokat, csak átfogó védelmi intézkedéseket (pl.: beléptető kapuk, átvilágítási rendszer).

A védelem alapvető eszközeit és azok jellemzőit tárgyalja a szabvány. Ennek során figyelembe vesz minden aktív és passzív védelmi rendszert. A védelmi rendszerek célja az épület megközelíthetőségének szabályozása illetve ellenőrzött körülményeinek biztosítása, továbbá a terroristák épületbe való behatolásának megakadályozása.

- Beléptető kapuk és ellenőrző pontok

Az ellenőrző pontoknak alkalmasnak kell lenniük a robbanóanyagok, robbanószerkezetek észlelésére. Korlátozniuk kell annak lehetőségét, hogy egy robbanóanyagokat szállító jármű bejuthasson az objektum területére. Az észlelés nem elegendő önmagában, arra is fel kell készülni, hogy a jármű ne hatolhasson át az ellenőrző kapun. Ezeknek a pontos leírásai nem képezik tárgyát ennek a szabványnak.

- Utak és parkolók

Céljuk, hogy határozott keretet adjanak és határokat szabjanak a védendő terület körül, elkülönítve az egyes biztonsági zónákat. Ezek a területek különösebb biztonsági óvintézkedést, fizikai akadályok telepítését nem igénylik.

- Kormányzati járművek parkolása

A dolgozók (kormányzati munkatársak) járművei kiemelt figyelmet érdemelnek, ennek ellenére a parkolási és elhelyezési korlátok ugyanúgy érintik ezeket a járműveket is. A feltételezés az, ha ezeket a járműveket elkülönített, belső területekre engedik, a támadási potenciál ezeken a járműveken keresztül növekszik, mivel a támadók „fogékonyabbá” válnak a kormányzati járművek kihasználására.

- Veszélyhelyzeti gépjárművek

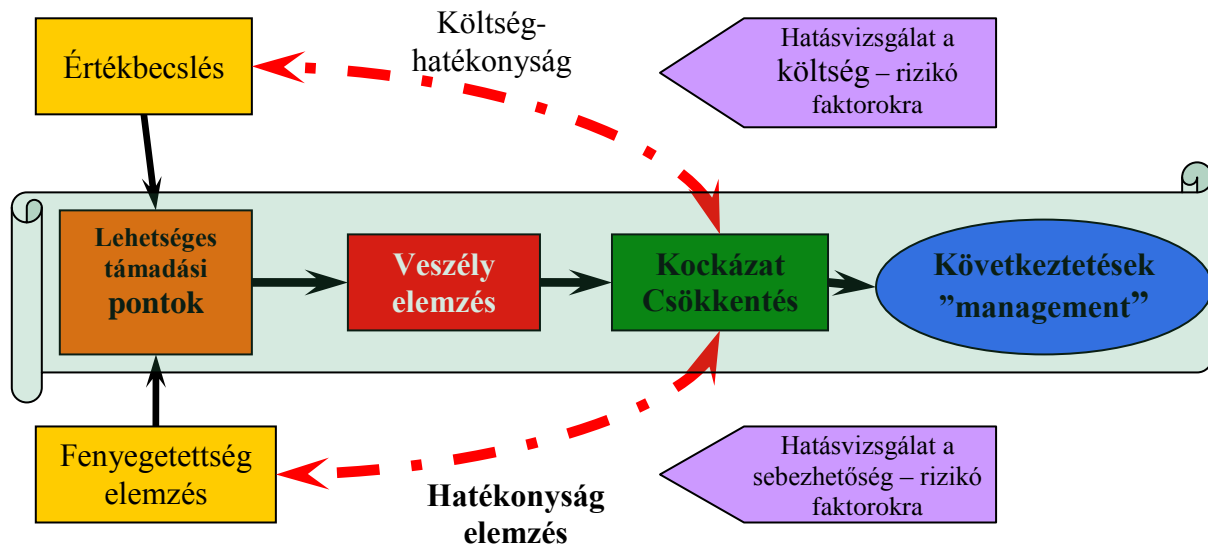
A parkolási korlátozások alól a veszélyhelyzeti járművek (tűzoltók, mentők, rendőrség stb.) mentesülnek, mivel az ilyen állami irányítású szervezeteknél dolgozókra szigorú rendszabályok vonatkoznak. A harcjárművek szintén mentesülnek a korlátok alól, mivel ezek az eszközök szinte minden esetben a belső biztonsági területen tevékenykednek, ezért ezeknek a járműveknek a felhasználása a támadók számára szinte lehetetlen.

A fentiekben bemutattam a szabvány alapját képező irányelveket. Az előírások szempontrendszerében a biztonság és a gazdaságossági tényezők egymással való kölcsönhatása nagy szerepet játszik. A védekezést olyan módon igyekeznek megoldani, hogy az ne emelje indokolatlanul a beruházási költségeket. Az egyes létesítményeket és a körülöttük található kiszolgáló infrastruktúrát (parkolók, utak stb.) komplexen vizsgálja. Kiemelkedő szempont a biztonsági távolságok hatása az épület egyéb védelmi megoldásaira, ezért a védőtávolságokra a szabvány kiemelt hangsúlyt helyez. Az alábbiakban megvizsgálom a Federal Emergency Management Agency által kiadott irányelveket, melyek a DoD szabványokban található irányelveken túl a konkrét tervezési folyamatokra, szakmai fogásokra és műszaki megoldásokra épülnek.

## **2.2. Federal Emergency Management Agency – FEMA 426, 452, 459 segédletek**

A DoD minimum követelményekkel összhangban a Nemzeti Veszélyhelyzetkezelési Ügynökség kidolgozta a polgári épületek terrorista robbantások elleni védekezésének irányelveit. Az irányelvek vizsgálata során nem csupán alapelvekhez, hanem a konkrét tervezéshez és kivitelezéshez is találunk előírásokat. Az első követelmény-rendszert tartalmazó dokumentumot 2003 decemberében adta ki a Department of Homeland Security gondozásában a Nemzeti Veszélyhelyzetkezelési Ügynökség (továbbiakban: FEMA), majd ezt követően 2005 januárjában illetve 2008 áprilisában adtak ki frissített dokumentációt.

Az utasítások tartalmazzák, azokat a kiinduló információkat, melyek segítségével meghatározható egy épület kockázati besorolása. A fejezetek végén található egy „checklist”, az épületek védettségének meghatározásához illetve a tervezés, kivitelezés során nyújt segítséget. A kockázati besoroláshoz figyelembe kell venni a fenyegetettséget illetve a vagyoni értéket. A terrorista támadások célpontja általánosságban a forgalmas épületek illetve a nagy fontosságú közintézmények, kormányzati létesítmények, kórházak stb. A rendeltetésből adódó kockázat meghatározása után az épület sebezhetőségét kell megvizsgálni. A három alapadat (érték, fenyegetettség, sebezhetőség) segítségével meghatározható az épület kockázati besorolása, ezt követően lehet vizsgálni a védelmi intézkedéseket, műszaki megoldásokat. Ezt a folyamatot az alábbi ábra szemlélteti.



1. sz. ábra Értékelő eljárás modell<sup>10</sup>

A tanulmányok részletesen foglalkoznak az épületek, létesítmények egymáshoz viszonyított fizikai elhelyezkedésével. Alapvetően minden létesítményt, épületet kockázat-értékelésnek vetnek alá. A kockázat-értékelés eredményeit figyelembe véve helyezik el egymáshoz viszonyítva az egyes épületeket, létesítményeket. Ez alapvetően kétféle módszert jelent:

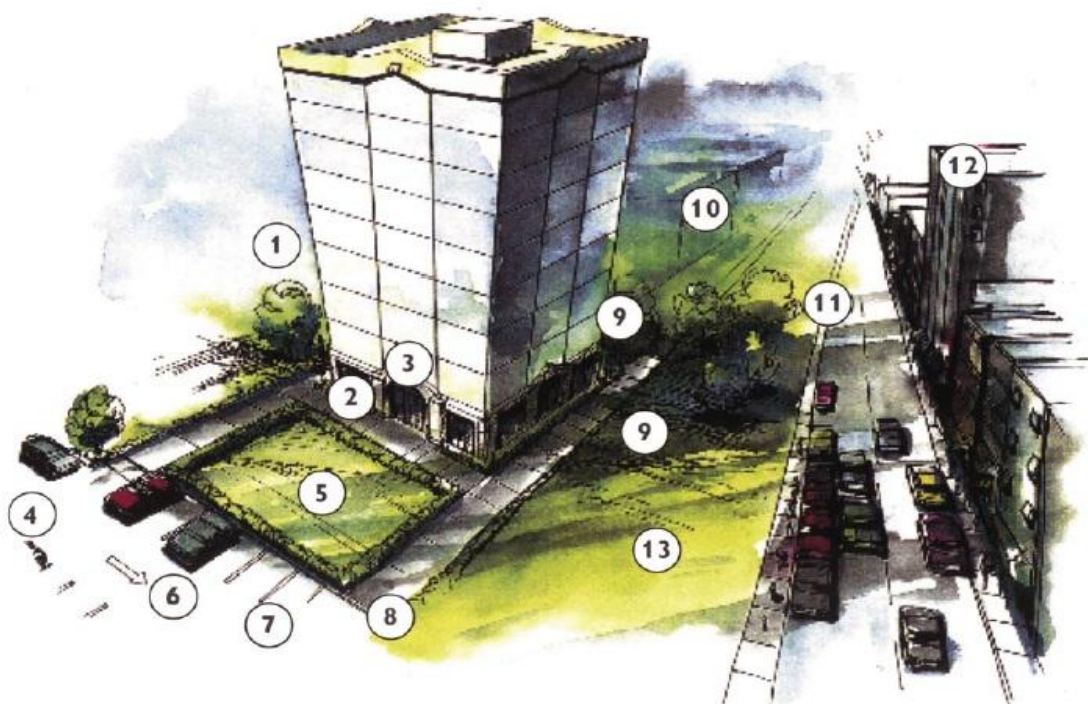
- Központosított elhelyezés: ennek lényege, hogy a magas rizikó-faktorral rendelkező épületeket a komplexum belsejében helyezik el, így azok az alacsonyabb rizikójú épületekkel „védtettek” valamint a hozzáférhetőségük korlátozottabb. Ennek viszont hátránya, hogy a fontos épületek egy helyen csoportosulnak, így egy esetleges sikeres támadás esetén komolyabb károk érhetők el.
- Szétszórt elhelyezés: a komplexum területén a magas rizikó-faktorral rendelkező épületeket a rendelkezésre álló területen szétszórva létesítik, egymástól elkülönítik alacsony faktorú épületekkel. A stratégia lényege, hogy nehéz olyan csapást mérni, melynek segítségével jelentősebb – több kiemelt fontosságú épületet érintő – károkat lehet okozni.

### 2.3. Az épületek környezetének vizsgálata

Az irányelvek először az épületek megközelítését, a környezetét vizsgálják a terrorista támadások szempontjából. Az épületek külső védelmének főbb irányvonalát, szempontjait az alábbi átfogó ábra szemlélteti.

<sup>10</sup> FEMA 426 I-5 Figure 1-3 <http://www.fema.gov/plan/prevent/rms/rmsp426> Letöltés: 2012.05.25.

SOURCE: U.S. AIR FORCE, INSTALLATION FORCE PROTECTION GUIDE



1. Locate assets stored on site, but outside the building within view of occupied rooms in the facility.	8. Minimize vehicle access points.
2. Eliminate parking beneath buildings.	9. Eliminate potential hiding places near the building; provide an unobstructed view around building.
3. Minimize exterior signage or other indications of asset locations.	10. Site building within view of other occupied buildings on the site.
4. Locate trash receptacles as far from the building as possible.	11. Maximize distance from the building to the site boundary.
5. Eliminate lines of approach perpendicular to the building.	12. Locate building away from natural or manmade vantage points.
6. Locate parking to obtain stand-off distance from the building.	13. Secure access to power/heat plants, gas mains, water supplies, and electrical service.
7. Illuminate building exteriors or sites where exposed assets are located.	

2. sz. ábra Az épületek külső védelmének főbb elemei<sup>11</sup>

Az épületek körülöttei tereprendezési követelmények nagy hangsúlyt kapnak a FEMA dokumentumokban. Az épületek körül elhelyezett „tereptárgyak” (pl.: padok, virág-ládák, fák, kandaláberek stb.) mind azt a célt szolgálják, hogy akadályozzák a terroristák számára a bejutást illetve gátolják a felderítést. A parkosított terek lényege továbbá, hogy az épülethez ne tudjanak közel állni gépjárművel, megfelelő védőtávolságot kialakítva ezzel. Azonban azokban a komplexumokban ahol épület-csoportokról beszélünk elengedhetetlenek az egyes épületekhez vezető közlekedési utak, járdák. Ezeknek a kialakításánál is figyelembe kell venni, hogy az úttest olyan paraméterekkel rendelkezzen, mely gátolja a járművek gyors behatolását a komplexumba. Ez a tervezési szempont kiegészítő funkcióként jelenik meg, az aktív védelmi berendezések hatékonyságának növelése érdekében. Például, egy felbukkanó járműakadály képes megállítani egy 7 tonnás 50 km/h sebességű tehergépjárművet. Azonban,

<sup>11</sup> FEMA 426 II-53 Figure 2-16 <http://www.fema.gov/plan/prevent/rms/rmsp426> Letöltés: 2012.05.25.



ha az út lehetővé teszi, hogy ugyanez a gépjármű képes legyen felgyorsulni 70-80 km/h-s sebességre, abban az esetben a műszaki akadály hatékonysága megkérdőjelezhető. Joggal feltételezhető, hogy ebben az esetben a jármű mozgásképtelenné válik, ellenben a műszaki akadály sem biztos, hogy el fogja tudni látni feladatát. Abban az esetben, ha az első jármű csak az akadály tönkretételét szolgálta, az utána következő jármű már akadály nélkül juthat be a létesítmény területére. Emiatt különösen fontos annak részletes kidolgozása, hogy ezeken az útvonalakon csak olyan sebességgel, módon lehessen közlekedni, hogy a fellelhető műszaki akadályok a járműve(ke)t bármikor képesek legyenek megállítani.



3. sz. kép – Gépjármű akadály<sup>12</sup>

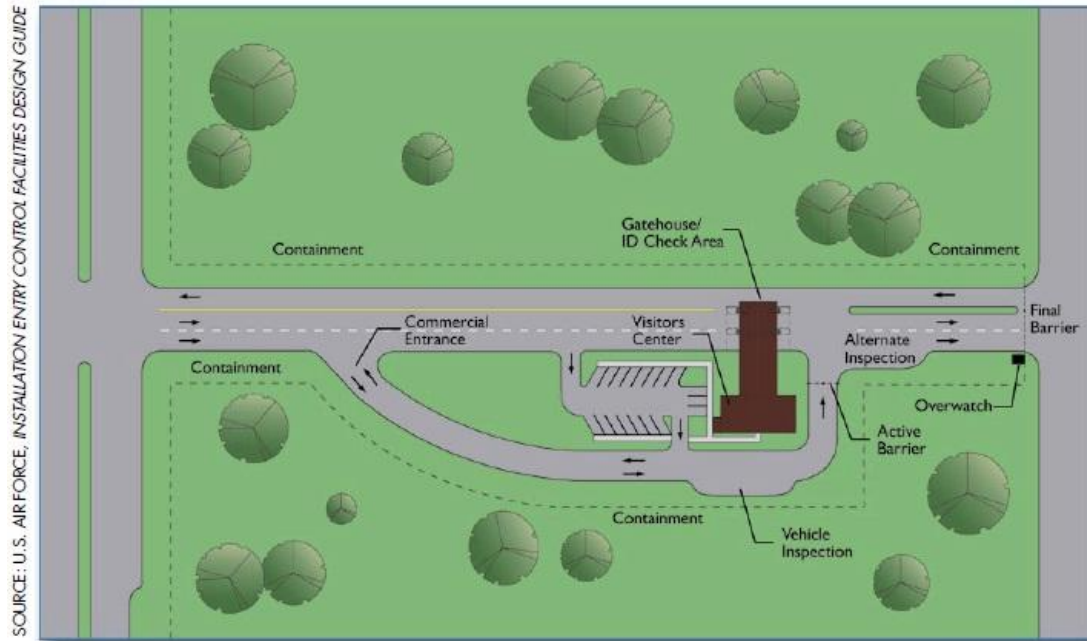
A létesítmények területének illetve környékének elengedhetetlen részei a parkolók. Mind az ott dolgozók járművei, mind pedig az ügyfelek, látogatók stb. járműveit el kell tudni helyezni. A parkolást három alapvető módon lehet megoldani:

- Utcán: ebben az esetben a létesítmény területére járművel behajtani nem lehetséges a kialakítás miatt. Az ilyen esetben a feltételezés alapján a terroristák a járművet az épület előtt hagyják, lehetőleg a bejáráshoz minél közelebb. Az ilyen esetben a robbanás következtében nem csak a célszemélyek vagy maga az épület sérül, hanem az utcán a járókelők között is számolni kell a nagyszámú sebesülttel illetve áldozatokkal.
- Parkolóban: itt az épülethez tartozó területen parkolnak a járművek. Lehetséges megoldás a parkoló figyeltetése, illetve a járművek átvizsgálása a parkolóba történő beállítás előtt (pl.: röntgen kapukkal). Az előző fejezetben a DoD követelményekben részletesen kifejtésre került, hogy ezeket a parkolókat úgy kell elhelyezni, hogy az ott történt robbanás ne veszélyeztesse az épületet illetve az ott dolgozókat. Ennek leggazdaságosabb megoldása a védőtávolság betartása.
- Garázs: manapság a helyszűke miatt sok esetben olyan hatalmas garázsokat alakítanak ki ahol adott esetben több száz gépjárművet is el lehet helyezni. A garázsépületek nyitott, fűtetlen beton-létesítmények, az ilyen helyen elkövetett robbantásos cselekmény

<sup>12</sup> B&B Armr Ltd. – <http://www.bb-armr.com/products.htm> Letöltés: 2012.06.20.

nincs, vagy minimális hatással van az utcán járókelőkre, valamint a létesítmény dolgozóira.

Az előbbieken már volt szó az úthálózat kialakításánál a műszaki akadályokról, illetve a környezet kialakításáról. A FEMA nagy hangsúlyt fektet a külső akadályok és beléptető rendszerek alkalmazására. A cél minden esetben a gyanús elemek kiszűrése és távoltartása.



3. sz. ábra Kombinált beléptető kapu<sup>13</sup>

Az ábrán jól látható, hogy a beléptetés több lépcsőn át történik. Külön beléptetéssel történik a dolgozók beléptetése (Gatehouse – ID check area), külön hely szolgál a látogatók járműveinek parkolására, ami betonakadályokkal van körülvéve (ábrán Visitor Center alatt), valamint az egyéb járművek beléptetése is külön útvonalon történik.

## 2.4. Épületek kivitelezése

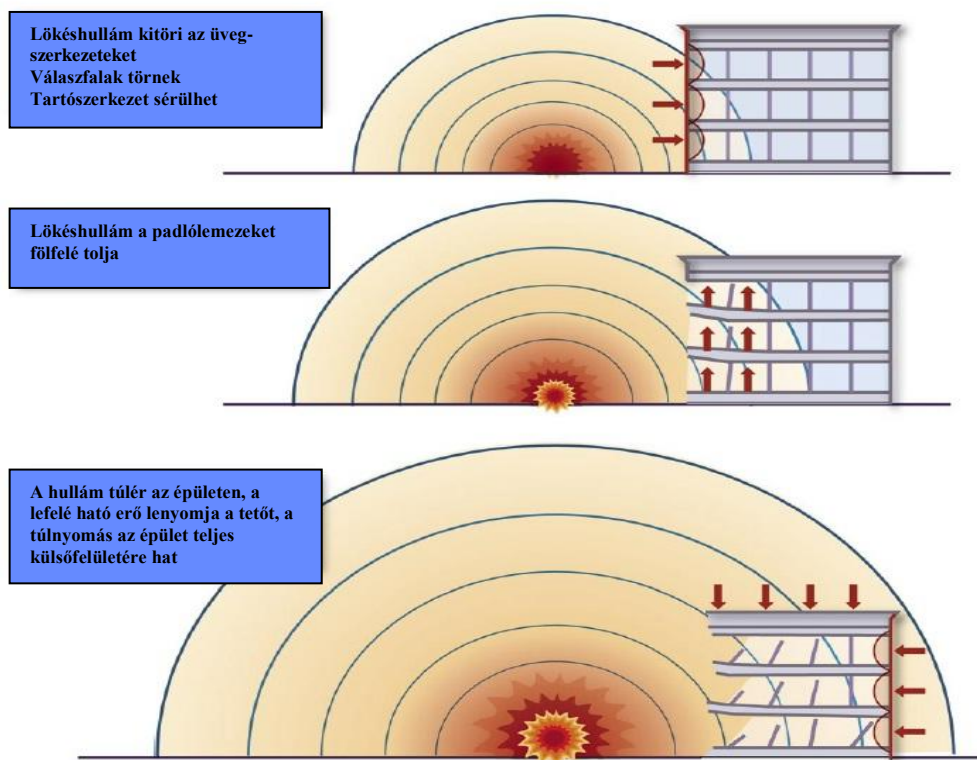
A külső rendszereket követően az irányelvek az épületek kivitelezését taglalják. Első lépésként az épületek kubatúráját kell a robbanás élet elleni hatásainak csökkentésére felhasználni. Ez az első szempont az épület tervezése során. A helyiségeket úgy elrendezni, hogy azok elosztása, elhelyezése és nyílászáróinak beépítése már kiképzésénél fogva csökkentse a káros hatásokat, elősegítse a túlnyomás levezetését stb.

Az egyes helyiségek az épületekhez hasonlóan eltérő kockázati besorolással rendelkeznek. Ennek alapján az épületek elhelyezéséhez hasonlóan lehet centralizáltan vagy elszórtan elhelyezni a magas rizikó-faktor besorolással rendelkező helyiségeket. Ebben az esetben azonban az iránymutatás kifejezetten rendelkezik arról, hogy a nagy rizikó-faktorú helyiségeket egymástól távol, akár más épületben kell elhelyezni. Ilyen helyiségek például: élelmiszer raktárak, zártan kezelendő adatokat, iratokat tartalmazó helyiségek, postázó. Például, ezeket a helyiségeket az épületen belül „szem előtt” kell elhelyezni, állandó 24 órás megfigyelés alatt kell tartani és ezt a megfigyelést pedig minimum 2 főnek kell ellátni.

Az épületek falai jelentik a közvetlen védelem első vonalát. A robbanási túlnyomásnak ellen kell állniuk, illetve olyan módon kell őket kialakítani, hogy a túlnyomást meghatározott irányba vezessék le. A falaknak nem csak a túlnyomásnak kell ellen állniuk, hanem a

<sup>13</sup> FEMA 426 II-37 Figure 2-15 <http://www.fema.gov/plan/prevent/rms/rmsp426> Letöltés: 2012.05.25.

lökéshullámnak illetve más – a robbanás által előidézett – különböző irányú fizikai erőhatásoknak. Az alábbi ábrán jól megfigyelhetők a falakra ható erők irányai, melyek egy robbanás során bekövetkeznek.



4. sz. ábra – Robbanás hatása az épületre<sup>14</sup>

Az egyes épületszerkezeteknek eltérő ellenállása van a robbanási túlnyomásokkal szemben ezért tervezéskor figyelembe kell venni, hogy milyen építőanyagot akarunk beépíteni és melyik felületre. Ennek meghatározásához segítséget nyújtanak az irányelvben szereplő segédletek, melyek tartalmazzák, hogy az egyes szerkezetek milyen ellenállási-paraméterekkel rendelkeznek.

A falak tervezése után külön figyelmet érdemelnek az épületek üvegezésére vonatkozó előírások, útmutatások. Alapvetően 4 üvegfelületet különböztetnek meg, melyek az alábbiak lehetnek:

- edzett üveg;
- hőálló üveg;
- hőszigetelő üveg;
- polikarbonát.

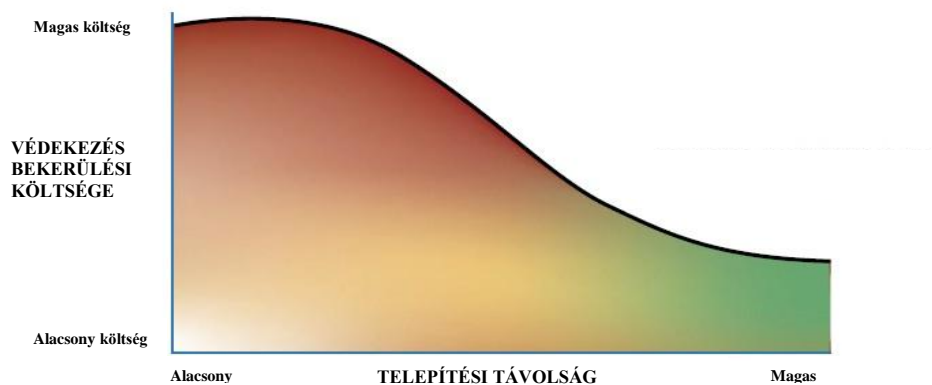
Ezekből a leggyakrabban az edzett illetve a hőszigetelő üveg kerül beépítésre. Manapság azonban lehetőség van már olyan üvegfelületek beépítésére, vagy üvegfelületek utólagos védelmére, melyek képesek ellenállni a robbanás okozta túlnyomásnak vagy lökéshullámnak (ragasztott üvegek, betörés-gátló fóliák). Az üvegfelületek kiválasztásakor fontos meghatározni, milyen igénybevételnek lesz kitéve a felület illetve mi lesz a helyiség funkciója. Sajnos az alapelvek kitérnek arra az esetre, ha a robbanás nem az épületen kívül történik, hanem az épületen belül. Ebben az esetben van jelentősége az épületszerkezetek,

<sup>14</sup> FEMA 426 IV-7 Figure 4-4 <http://www.fema.gov/plan/prevent/rms/rmsp426> Letöltés: 2012.05.25.

nyílászárók tudatos elrendezésének, melynek célja a túlnyomás hasadó-nyíló felületek felé történő irányított levezetése. Az üvegfelületekhez tartoznak (nyílászáró-szerkezetek) az ajtók, melyeknek nagy szerepe van a túlnyomás meghatározott irányú levezetésében.

Az épületek szerkezeteinek megfelelő védelmét követően a FEMA kidolgozta az épületgépészeti rendszerekre vonatkozó követelményeket is. Ennek során részletes iránymutatást ad a légtechnikai rendszerre vonatkozóan, melynek szerepe a robbanás során felszabaduló mérgező gázok kivezetése az épületből illetve a CBR támadások megelőzése. Az előírások értelmében például a magas rizikó-faktorral rendelkező helyiségekben nem lehet cirkulációs szellőzést alkalmazni. Az épületgépészeti rendszerekhez tartozik az elektromos hálózat, melynek kiesése esetén az épület biztonsági rendszerinek továbbra is működőképesnek kell maradnia. Nem eshetnek károk az informatikai rendszerben illetve a beléptető és egyéb biztonsági berendezéseknek is működőképesnek kell maradniuk. Előírás, hogy az épületekben a vészvilágítás és a fenti rendszerek 24 órán át működőképesek maradjanak áramszünet esetén is.

Az épületek minden részletre kiterjedő vizsgálatát követően az irányelv a robbanás fizikai hatásait elemzi. A fizikai hatásokat az épületek aspektusában vizsgálja, elsősorban a védetség szempontjából, annak függvényében, hogy milyen erejű robbanással lehet számolni. Ehhez figyelembe veszi, hogy a robbanási hullám útjában milyen épületszerkezet áll és az milyen mértékben csökkenti a lökő hullám hatását. A lökő hullám elleni hatás csökkentésére a másik – adott esetben gazdaságosabb megoldás – a telepítési távolságok növelése. A telepítési távolság és a fizikai akadályok együttes használatával a robbanások hatásai az alábbi ábra alapján szinte exponenciálisan csökkenő tendenciát mutatnak.



5. sz. ábra Védekezés költségei és a telepítési távolság hatása egymásra<sup>15</sup>

A FEMA irányelvek és a DoD szabványok segítségével az egyes épületek terrorista robbantások elleni védelme hatékonyan növelhető. Az alapelvek és a konkrét tervezési segédletet felhasználva a védelem nem csak hatékony, hanem gazdaságos is. Általánosságban elmondható, hogy a megfelelő védőtávolság már komoly mértékben csökkentheti a robbanás okozta károk mértékét.

## ÖSSZEGRZÉS

Az elmúlt évek során számtalan esetben történt robbantásos merénylet mind civil mind pedig kormányzati, katonai célpontok ellen. A támadások sok esetben épületekkel szemben követték el. A cikkben vizsgáltam a terrorista robbantásos cselekmények elleni védekezés hazai és nemzetközi jogszabályi hátterét.

<sup>15</sup> FEMA 426 IV-13 Figure 4-8 <http://www.fema.gov/plan/prevent/rms/rmsp426> Letöltés: 2012.05.25.



A cikk első részében bemutattam az épületek robbanási ellenállására vonatkozó hazai jogszabályokat, rendeleteket. Megállapítottam, hogy Magyarországon konkrét jogszabály nincs a terrorista robbantásos cselekmények következményeinek csökkentésére. A rendelkezésre álló jogszabályok közvetve vagy más területre vonatkoznak (pl.: Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat). A hazai jogszabályok alkalmasak arra, hogy alapját alkossák egy olyan szabvány, jogszabály létrehozásának, melyek az egyes épületek robbantásos merényletek elleni védekezésének tervezési alapjait teremtené meg. A nemzetközi jogszabályi háttérből két területet emeltem ki, az Európai Unió irányelveket, valamint az Egyesült Államokban található jogszabályi háttérrel. Az Unió – keretrendszer lévén – nem ad konkrét előírásokat épületvédelemre, a terrorizmus elleni harc, az illegális fegyverkereskedelemre, a pénzmosásra illetve a bevándorlás során a gyanús személyek kiszűrésére összpontosít. Ez megelőzi az épületek védelmét, a cél az, hogy a terroristák ne jussanak abba a pozícióba, hogy komoly merényletet hajthassanak végre bármilyen épület ellen. Ez a szemléletmód egy mindent megelőző szemlélet, előnye, hogy az Unió zárt kereteken belül kiszűr mindenfajta fenyegetést, ehhez azonban jelentős infrastrukturális és komoly szervezeti háttér szükséges.

Az Amerikai Egyesült Államok számára terrorista szervezetek több esetben is bizonyították, hogy képesek az USA ellen elkövetni komoly merényleteket. Az USA a világ számos országában jelen van komoly diplomáciai szervezetekkel és katonai erővel. A világ terrorszervezetei számára az USA mindenhol szinte elsődleges célpontként szerepel. Az 1996-os Khobar torony elleni merénylet az épületek védelmére irányította a figyelmet. A Védelmi Minisztérium kutatásokat indított a robbanási hatások csökkentésére, majd megalkotta az azóta többször módosított, frissített 4-010-01, 02-es szabványt. Ez a szabvány a katonai és kormányzati létesítmények védelmének alapelveit foglalja magába. A kutatás másik oldala a civil szféra épületeinek védelme, melyet a Federal Emergency Management Agency kutatott. Ezen kutatások során elkészült segédletek, iránymutatások magukban foglalják az alapelveket és a konkrét műszaki megoldásokat is. A FEMA tanulmányok magas minőségi szinten készültek és mindenre részletre kiterjedően dolgozták ki őket, úgy, hogy figyelembe vették a védekezés gazdaságosságának szempontját is.

Az épületek robbanásos cselekmények elleni védelmének, jogszabályi háttérének vizsgálata rávilágított, a hazai szabályozás hiányaira illetve a két eltérő megközelítési módra. Az Unió védelem alapja a terrorista támadások lehetőségének megakadályozása, az Egyesült Államok ezen felül számol a lehetséges sikeres támadással és a számára kiemelten kezelendő épületek védelmére is hangsúlyt fektet. A cikkben a robbantásos cselekmények épületek védelmét vizsgáltam, a vizsgálat során megállapítottam, hogy az Unió nem foglalkozik ezzel a kérdéskörrel, a védekezést a terrorizmus uniós belüli bejutás megakadályozására összpontosítja. Véleményem szerint az Amerikai Egyesült Államok által kiadott anyagok alapján célszerű lenne kidolgozni az ilyen irányú hazai szabályozást. Magyarországon az alapvető jogszabályok rendelkezésre állnak, azonban a konkrét előírásokat, alapelveket szükségesnek tartom megalkotni a nemzetközi jogszabályokkal összhangban.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Prof. Dr. Szabó Sándor – Dr. Tóth Rudolf: Építmények robbantásos cselekmények elleni védelmének növelési lehetőségei. Forrás: <http://hhk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/pdfanyagok2012kulonszam/18%20teljesszam.pdf>, 14–25. oldal. 2012.11.26.
2. Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat kiadásáról szóló 13/2010. (III. 4.) KHEM rendelet – [www.magyarorszag.hu](http://www.magyarorszag.hu) Letöltés dátuma: 2012. június 10.

3. Országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet – [www.magyarország.hu](http://www.magyarország.hu) Letöltés: 2012. augusztus 10.
4. A Kormány 211/2012. (VII. 30.) Korm. rendelete az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet módosításáról. Letöltés: 2012.11.29. <http://www.epitesz-terv.hu/index.php/2112012-vii-30-korm-rendelet-otek-modositasa.html>.
5. Épületek tűzvédelmi és polgári védelmi követelmények kiadásáról szóló 2/2002. (I. 23.) BM. Rendelet – [www.netjogtar.hu](http://www.netjogtar.hu) Letöltés: 2012. június 10.
6. Országos Tűzvédelmi Szabályzat kiadásáról szóló 28/2011. (IX. 6.) BM rendelet – [www.magyarország.hu](http://www.magyarország.hu) Letöltés: 2012. június 10.
7. 4-010-01 UFC Department of Defense: Minimum Antiterrorism Standards for Buildings szabvány. Forrás: [http://www.wbdg.org/ccb/browse\\_doc.php?d=1385](http://www.wbdg.org/ccb/browse_doc.php?d=1385) Letöltés: 2012. május 30.
8. 4-010-02 UFC Department of Defense Minimum Antiterrorism Standoff Distances for Buildings szabvány. Forrás: [http://www.wbdg.org/ccb/browse\\_cat.php?c=4](http://www.wbdg.org/ccb/browse_cat.php?c=4) Letöltés: 2012.05.30.
9. Risk Management Series Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings – FEMA 426 Decembre 2003. Forrás: <http://www.fema.gov/plan/prevent/rms/rmsp426> Letöltés: 2012. május 25.
10. Risk Management Series Reference Manual A How-to Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings – FEMA 452 January 2005. Forrás: <http://www.fema.gov/plan/prevent/rms/rmsp452> Letöltés: 2012. május 25.
11. Risk Management Series Reference Manual Incremental Protection for Existing Commercial Buildings from Terrorist Attacks – FEMA 459 April 2008. Forrás: <http://www.fema.gov/plan/prevent/rms/rmsp459> Letöltés: 2012. május 25.

Dr. Hanka László PhD.<sup>1</sup>

## KOCKÁZAT BECSLÉSE NUMERIKUS MÓDSZEREKKEL A MATLAB ALKALMAZÁSÁVAL, FOLYTONOS ELOSZLÁSOK DISZKRETIZÁLÁSA

***Absztrakt:** A rendelkezésre álló adatok szerint a terrorizmus aktivitása napról-napra. A védelmi és előkészületi intézkedéseket tervező szakemberek számára ez igazi kihívást jelent. A kockázatelemzés elmélete és módszerei eredményesen alkalmazhatók arra, hogy segítségével becslést adjunk a terrorcselekmények bekövetkezésére és a következményekre vonatkozólag. A kockázat becslésére széleskörűen alkalmazható a valószínűségelméleti megközelítés. Azonban a valószínűségek kiszámítása analitikusan gyakran kivitelezhetetlen. Ebben a dolgozatban bemutatjuk, hogyan lehet numerikus módszerekkel valószínűséget számolni, és ezzel kockázatot becsülni. A lehetséges események tekintetbe vételére gyakran alkalmaznak logikai fákat, amelyekben az egyes eseményekhez rendelt valószínűségek diszkrét értékek. Azonban az események leírásánál gyakran alkalmaznak folytonos eloszlásokat. Az alábbiakban megmutatjuk, hogyan lehet a folytonos eloszlásokat diszkrétizálni a logikai fák figyelembe vételével. A numerikus számítások menetét, vagyis a kérdéses valószínűségek kiszámítását a MATLAB szoftver alkalmazásán keresztül mutatjuk be.*

***Abstract:** According to data, terrorist activity tend to grow day by day. To make plans for defence and protection this is a real 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 is widely applied for expressing the risk. However exact analytical calculation of probability is nearly impossible. In this paper numerical methods will be demonstrated in the context of terrorist's threat. Logical trees are applied for description of possible events, the probabilities of these events are often discrete, but expert apply continuous distributions to describe possible events. Discretization of continuous probability distribution will be demonstrated also. Application of MATLAB will be presented for numerical calculation of probability under discussion.*

***Kulcsszavak:** határállapot függvény, eseményfa, érzékenységi görbe, megbízhatósági görbe, diszkrétizálás, MATLAB.*

***Keywords:** limit state function, event tree, fragility curve, reliability curve, discretization, MATLAB.*

---

<sup>1</sup> Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai Intézet,  
E-mail: hanka.laszlo@gbk.uni-obuda.hu

## 1. BEVEZETÉS

A kritikus infrastruktúra elleni robbantásos cselekmények, illetve bármiféle egyéb nemkívánatos esemény kockázatának becslése azt igényli, hogy analitikusan nehezen vagy egyáltalán nem kezelhető esetekben is kiszámítható legyen bizonyos események valószínűsége, ezáltal becsülhető legyen a kockázat. Erre a problémára több megoldást is találhatunk. Az [1] dolgozatban bemutattuk egy módszert, nevezetesen a megbízhatósági index meghatározását, amely segítségével elkerülhető a valószínűség konkrét kiszámítása, de a kockázat mégis egyszerűen becsülhető. Hangsúlyoztuk azonban, hogy az eljárás egzakt eredményt kizárólag normális eloszlások esetén szolgáltat, ha a vizsgált valószínűségi változó nem írható le normális eloszlással, akkor azt normális eloszlással kell közelíteni, a módszer csak ezzel a közelítéssel alkalmazható. Így egzakt eredményt nem ad. Az egzaktág kérdése felmerül abból a szempontból is, hogy van-e értelme egyáltalán törekedni az egzaktul pontos eredmények előállítására. Hiszen olyan eseményeket vizsgálunk, amelyek ritkán következnek be, vizsgálatukra statisztikai módszerek nem alkalmazhatóak – pl. illeszkedésvizsgálat egy konkrét eloszlás feltételezése esetén –, így az alkalmazott valószínűségi változók – különösen a szubjektív megközelítést lehetővé tevő Bayes-féle elméletben, amely az adott kérdéskörben a valószínűségelmélet egyetlen alkalmazható módszere [2,3] –, csak lehetséges modellek, amelyek pontossága, egzaktága eleve kérdőjeles. Ezen belül természetesen adódik a kérdés, hogy van-e értelme az események valószínűségének és így a kockázatnak a numerikus értékét „egzakt” módon megadni, kiszámítani. A válasz valószínűleg az, hogy egy bizonyos pontosságot meghaladni, az alkalmazott módszertől elvárni nincs értelme, mert maga a közelítés hibás a mondott értelemben.

A valószínűségek kiszámítása analitikus módszerekkel gyakran kivitelezhetetlen, és az említett okok miatt felesleges is. Még akkor is ha megoldható a feladat analitikusan, azt mondhatjuk, hogy az „erőfeszítés” felesleges. Bár vannak olyan szoftverek, amelyek a szimbolikus számításokat sok esetben el tudják végezni, ilyen például a MAPLE, de ezek alkalmazása, mint mondtuk feleslegesnek tűnhet. Arról nem is beszélve, hogy eleve léteznek olyan függvények, adott esetben valószínűségi változók sűrűségfüggvényei, amelyeknek nem létezik primitív függvénye – ilyen a jól ismert normális eloszlás sűrűségfüggvénye –, ekkor a szimbolikus számítás nyilván csődöt mond abban az értelemben, hogy a primitív függvényt nem tudja szolgáltatni zárt alakban. Marad ekkor az a lehetőség, hogy a primitív függvényt függvénytörzs alakjában állítsuk elő, de ez ismét oda vezet, hogy az eredmény eleve magában hordoz hibát.

A valószínűségeket, mint határozott integrálokat kiszámíthatjuk Monte-Carlo módszerek segítségével [4], itt azonban az „egzakt” számítás esetében sok a gépidő, hiszen a számítás pontossága úgy fokozható, hogy növeljük a generált véletlen számok darabszámát. Ha ez a tényező nem számít, akkor persze ez jó módszer, a gyakorlatban széles körben alkalmazzák.

Ebben a dolgozatban egy ezektől eltérő numerikus módszert szeretnénk bemutatni a valószínűségek kiszámítására, azaz a kockázat becslésére. A módszer „egyszerűen” a felmerülő határozott integrálok numerikus kiszámítása, az alkalmazott szoftver pedig a MATLAB.

A kockázatelemzés témakörében gyakran alkalmaznak logikai fákat [5,6], eseményfa, hibafa, stb., és a nemkívánatos esemény valószínűségét a logikai fa ágait nyomon követe a Boole algebra számítási szabályainak megfelelően számítjuk. A számítások a logikai fában szereplő események valószínűségeit figyelembe véve diszkrét értékek figyelembe vételével történik, így a nemkívánatos események valószínűsége, kockázata is diszkrét értékkel adandó meg. Azonban nem szabad figyelmen kívül hagynunk, hogy a kockázatelemzésben szerepet kapó események legtöbbször folytonos eloszlású valószínűségi változók [7,8,9]. A célunk



ebben a dolgozatban kettős. Egyrészt bemutatjuk, hogy a logikai fák alkalmazása során hogyan lehet a folytonos eloszlásokat diszkretizálni, másrészt bemutatjuk, hogy az adódó valószínűségek hogyan kalkulálhatók a MATLAB segítségével [10].

## 2. A HATÁRÁLLAPOT FÜGGVÉNY, A „NEMKÍVÁNATOS” ESEMÉNY VALÓSZÍNŰSÉGÉNEK ÁLTALÁNOS MEGHATÁROZÁSA

Tegyük fel, hogy erre a rendszerre hatással vannak bizonyos fizikai mennyiségek, amelyeket valószínűségi változóknak tekintünk. A szóba kerülő valószínűségi változókat összefoglaljuk egy  $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$  valószínűségi vektorváltozóban, amelynek az egyes  $X_i$  komponensei a kérdéses fizikai mennyiségek, az állapotváltozók. Ezek egy robbantásos cselekmény kapcsán például: anyagi állandók, rugalmassági együtthatók, nyomás, hőmérséklet, impulzus, erők, feszültségek, nyomatékok, stb. Az  $X_i$  állapotváltozók felhasználásával előállítunk egy  $g$ -vel jelölt függvényt a következő megállapodás szerint [1,5,6]. A  $g(\mathbf{X}) = g(X_1, X_2, \dots, X_n)$  függvény pozitív értéket vesz fel, azaz  $g(\mathbf{X}) > 0$ , ha a rendszer stabil, „biztonságos állapotban” van, ha tehát a rendszerre ható fizikai mennyiségek nem lép(nek) túl bizonyos határértéke(ke)t. Továbbá negatív, azaz  $g(\mathbf{X}) < 0$ , ha a rendszerre ható fizikai mennyiség(ek) meghalad(nak) bizonyos határértéke(ke)t. Legyen a  $T_1$  tartomány a  $g$  értelmezési tartományának azon részhalma az, ahol  $g(\mathbf{X}) > 0$ , ez a „biztonsági tartomány”, az a  $T_2$  tartomány, ahol  $g(\mathbf{X}) < 0$ , a „meghibásodási tartomány”. A két tartomány határa, azon pontok halmaza, amelyekre  $g(\mathbf{X}) = 0$ , a „biztonsági határ”. Ez a biztonsági határ egy  $n - 1$  dimenziós felület  $\mathbf{R}^n$ -ben, voltaképpen az  $n$ -változós  $g(\mathbf{X})$  függvény egy szintfelülete.

Tekintsük most azt a legegyszerűbb esetet, amikor mindössze két állapotváltozó írja le a vizsgált rendszert:  $X_1$  és  $X_2$ . Az  $X_1$  jelölje a rendszert érő valamilyen fizikai „hatást”, az  $X_2$  pedig jelölje a „kapacitást” mint fizikai jellemzőt. (Az angol „Load” és „Capacity” szóból adódóan ezeket gyakran jelölik rendre  $L$  és  $C$  betűkkel). Ebben a legegyszerűbb esetben a határállapot függvény nyilván a  $g(X_1, X_2) = X_2 - X_1$  definícióval adható meg. Ha  $g(X_1, X_2) > 0$  akkor  $X_2 > X_1$ , a kapacitás nagyobb, mint a hatás, tehát a rendszer stabil, ha viszont  $g(X_1, X_2) < 0$  akkor  $X_2 < X_1$ , a hatás nagyobb, mint a kapacitás, tehát a rendszer sérül [1,5,6]. A biztonsági határ ebben a kétdimenziós esetben egyszerűen az  $g(X_1, X_2) = 0$ , tehát az  $X_2 = X_1$  formulával adott egyenes.

Vegyük most figyelembe azt a vizsgálataink szempontjából alapvető tényt, hogy  $X_1, X_2, \dots, X_n$  általában folytonos eloszlású valószínűségi változók. Alapvető kérdés, hogy milyen módon számítható a sérülés, meghibásodás vagy egyéb nemkívánatos esemény valószínűsége. Legyen  $f_X(x_1, x_2, \dots, x_n)$  az  $X_1, X_2, \dots, X_n$  valószínűségi változók együttes sűrűségfüggvénye. Ekkor a „meghibásodás” – amelyet jelölhetünk  $S$ -sel, mint az elkövetők szempontjából „Sikeress” eseményt –, valószínűsége a

$$P(S) = \int_{g(\mathbf{X}) \leq 0} f_X(x_1, x_2, \dots, x_n) dx_1 dx_2 \dots dx_n = \int_{X \in T_2} f_X(x_1, x_2, \dots, x_n) dx_1 dx_2 \dots dx_n \quad (2.1)$$

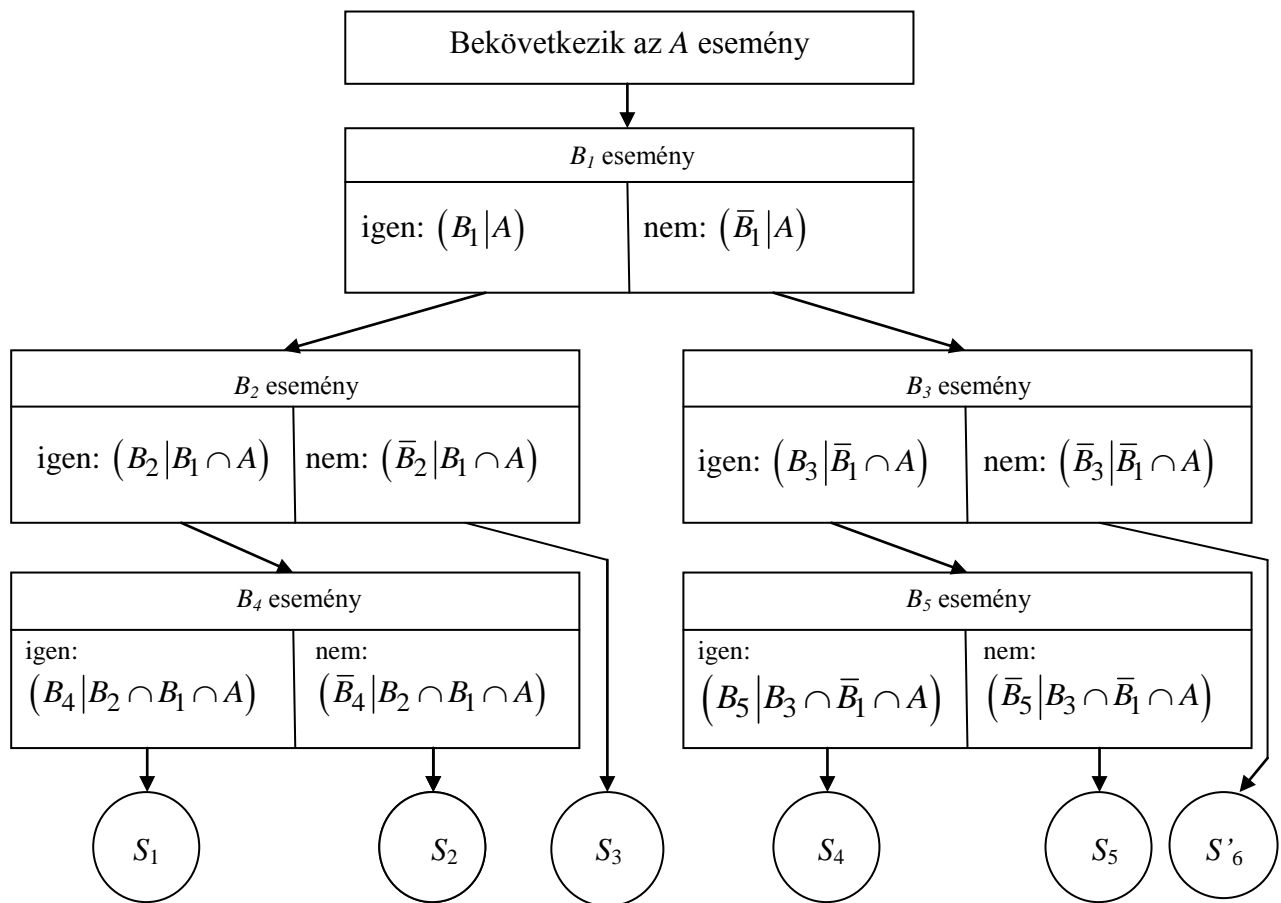
integrállal számítható. A korábban bevezetett jelölésekkel tehát a valószínűséget tehát az együttes sűrűségfüggvény  $T_2$  „meghibásodási tartomány”-ra kiterjesztett integráljával kapjuk. Ez a  $T_2$  tartomány a gyakorlatban a legtöbbször nem téglalap tartomány, hanem matematikai fogalmakkal élve úgynevezett „normáltartomány”, ami azt jelenti, hogy folytonos függvények

görbái/grafikonjai által határolt síkidom/térrész. Ennek az integrálnak a numerikus kiszámításával foglalkozunk az alábbiakban.

### 3. ESEMÉNYFA ALKALMAZÁSA, AZ ÉRZÉKENYSÉGI GÖRBE ÉS SZEREPE A KOCKÁZATBECSLÉSBEN

A kockázatelemzés során gyakran alkalmaznak a vizsgált problémakör leírására eseményfát. Az eseményfa igen alkalmas modell a lehetséges, egymást követő események sorának vizsgálatával a bizonytalanság, a nemkívánatos esemény bekövetkezésének becslésére [5,6,7]. Azért mert egy eseményfa, mint modell vizsgálatával, egy összetett eseménysor lebontható elemi vagy elemibb eseményekre, amelyek között, végül is tisztán logikai eszközökkel, a Boole-algebra szabályai és a valószínűségelmélet tételei segítségével már könnyen eligazodhatunk.

Tekintsünk például egy épület/építmény elleni robbantásos cselekményt. Jelölje  $A$  ezt az eseményt. Az elkövetők szempontjából sikeres eseményt jelölje  $S$ , bár ennek különböző megnyilvánulási formái lehetnek, hiszen egy robbantásos cselekmény esetén a „siker” több szempontból értékelhető, ezért célszerű a sikeres eseményeket indexelni, matematikai szempontból tehát sikeres események az  $S_1, S_2, \dots, S_k$  események, amelyek konkrétan jelenthetik valamely épület bizonyos szerkezeti elemeinek sérülését, vagy a teljes kollapszust.



3.1. ábra. Egy eseményfa, melyben az események Boole algebrai műveletekkel vannak meghatározva („igen” = az esemény bekövetkezik; „nem” = az esemény nem következik be)

Az események, amelyek a „siker”-hez/meghibásodáshoz/stb. vezetnek nyilván ugyancsak egy összetett rendszert alkotnak, amelyek logikai kapcsolatban állnak egymással, egyesek szigorú sorrendben kell, hogy kövessék egymást, mások független eseményláncolatok elemei. Ezeket a matematikai leírás során jelöljük a következő módon:  $B_1, B_2, \dots, B_m$ . Az eseményfa egy olyan logikai rendszer, amely az  $A$  eseményből kiindulva, a  $B_i$  eseményeken keresztül, melyek a probléma természetének megfelelő láncolatban, kapcsolatban vannak egymással, elvezet az  $S_j$  eseményekhez.

Ebben a dolgozatban kizárólag matematikai szemszögből vizsgáljuk ezt a problémakört, numerikus eszközt fogunk mutatni egy ilyen eseményfa egyes eseményeihez rendelt valószínűségek kiszámításához. Ennek megfelelően egy hipotetikus eseményfa elemzésével folytatjuk a vizsgálatot.

Tegyük fel, hogy az  $A$  eseményből (robbantás) kiindulva a  $B_1, B_2, B_3, B_4$  és  $B_5$  eseményeken (homlokzat sérülése, külső, belső illetve fő tartószerkezeti elemek sérülése, stb.) keresztül jutunk el az  $S_1, S_2, S_3, S_4$  és  $S_5$  „siker” eseményekhez (káreseményekhez), valamint az  $S_6$  eseményhez, ami a sikertelenséget jelöli (nincs káresemény). A  $\bar{B}_i$  jelölés természetesen azt jelenti, hogy a  $B_i$  esemény nem következett be. Tegyük fel, hogy az eseményfa az a 3.1 ábrán vázolt szerkezetű. Feladatunk nyilván az egyes  $B_i$  eseményekhez tartozó feltételes valószínűségek meghatározása. Ugyanis az egyes káresemények valószínűsége ezekre vezethető vissza. Ha például kiválasztjuk az  $S_4$  eseményt, az a 3.1. ábra alapján a következő módon fejezhető ki eseményalgebrai műveletekkel:

$$S_4 = A \cap \bar{B}_1 \cap B_3 \cap B_5 \quad (3.1)$$

Ebből következően az  $(S_4|A)$  feltételes esemény valószínűsége a valószínűségek szorzástétele alapján [11] a következő:

$$P(S_4|A) = P(B_5|B_3 \cap \bar{B}_1 \cap A) \cdot P(B_3|\bar{B}_1 \cap A) \cdot P(\bar{B}_1|A) \quad (3.2)$$

Kérdés tehát a  $P(B_i|...)$  alakú feltételes valószínűségek kiszámításának módja. Ezek a valószínűségek általában a robbanás jellemző adataitól, mint folytonos eloszlású valószínűségi változóktól függenek. Ezeket a valószínűségi változókat jelöltük a 2. pontban összefoglalóan az  $X$  vektorral, mint valószínűségi vektorváltozóval. Ezek egy robbantás kapcsán lehetnek a következők: a robbantáskor keletkező lökéshullámban a maximális nyomás, a maximális hőmérséklet, a lökéshullám időtartama, a szerkezeti elemekben keletkező maximális nyomaték, maximális torziós nyomaték, de lehet a robbanás távolsága, vagy a talajszint feletti magasság, a robbanótöltet tömege, stb. Ezek mind a véletlentől függenek. Ha ezeket a karakterisztikus jellemzőket mind figyelembe vesszük, akkor a  $P(B_i|...)$  valószínűségeket egy-egy eloszlásfüggvénnyel tudjuk figyelembe venni. Ezeket az eloszlásfüggvényeket nevezzük érzékenységi függvényeknek, grafikonjukat érzékenységi görbéknek illetve felületeknek nevezzük. Ezek annyi dimenziós eloszlásfüggvények, ahány karakterisztikus jellemzőt, mint valószínűségi változót figyelembe veszünk a leírás során. Minden egyes  $B_i$  eseményhez tartozik egy ilyen eloszlásfüggvény, hiszen mindegyik  $B_i$  bekövetkezése az  $X$  vektorváltozó adott értékeitől függ. Nagy általánosságban, az  $X$  vektorváltozó adott értékei esetén a  $B_i$  eseményhez tartozó érzékenységi függvény az alábbi módon adható meg:

$$F_i(X) = P(B_i | \dots \cap (X \text{ véletlen jellemzőkkel bekövetkező } A \text{ esemény})) \quad (3.3)$$

Ezen a ponton kapcsolódhatunk a 2. pontban vázlatosan bemutatott  $g(\mathbf{X})$  határállapot függvényhez [1,5,6], mert kissé részletesebben kifejezve a  $B_i$  eseményt, a káresemény bekövetkezése végül is azon múlik, hogy teljesül-e a  $g(\mathbf{X}) < 0$  egyenlőtlenség az adott esetben. Így (3.3) a némileg kifejezőbb

$$F_i(X) = P(g_i(X) < 0 | \dots \cap (X \text{ véletlen jellemzőkkel bekövetkező } A \text{ esemény})) \quad (3.4)$$

alakban írható. Ennek a függvénynek a megszerkesztése csak konkrét esetben, a robbantás és a vizsgált épület adatainak ismeretében történhet. A valószínűségek, így a kockázatok kiszámítása azonban szigorúan csak ezek ismeretében történhet.

Ha a legegyszerűbb esetet vesszük figyelembe, amikor csak egy adatot tehát egy valószínűségi változót veszünk figyelembe a leírásnál, akkor a  $B_i$  eseménnyel kapcsolatos  $F_i$  érzékenységi függvény a következő módon írható fel:

$$F_i(x) = \alpha \cdot \int_{\substack{\xi < x \\ g(X) < 0}} f_i(\xi) d\xi \quad (3.5)$$

Az  $\alpha$  valós konstans egy normáló tényező, ami biztosítja, hogy  $F_i$  valószínűségeloszlást definiáljon,  $f_i$  pedig a 2. pontban általánosan megfogalmazott sűrűségfüggvény [12], a  $g(X) < 0$  pedig arra utal, hogy a *káresemény bekövetkezésének valószínűségét keressük*. Ha két illetve három valószínűségi változót veszünk figyelembe, akkor két- illetve háromváltozós eloszlásfüggvényt kapunk az alábbi definíciókkal:

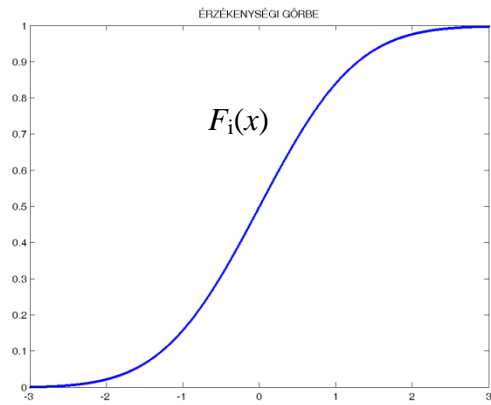
$$F_i(x_1, x_2) = \alpha \cdot \int_{\eta < x_2} \int_{\substack{\xi < x_1 \\ g(X) < 0}} f_i(\xi, \eta) d\xi d\eta; \quad (3.6)$$

$$F_i(x_1, x_2, x_3) = \alpha \cdot \int_{\zeta < x_3} \int_{\eta < x_2} \int_{\substack{\xi < x_1 \\ g(X) < 0}} f_i(\xi, \eta, \zeta) d\xi d\eta d\zeta$$

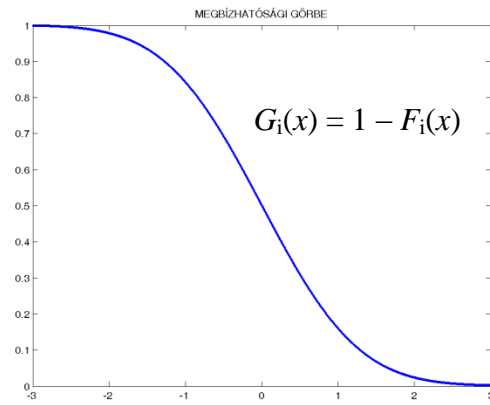
A (3.5) és (3.6) integráloknál alsó határként természetesen alkalmazhatjuk a  $-\infty$ -t vagy a 0-t vagy ezek helyett bármiféle olyan ésszerű értéket, amelyről tudjuk, hogy annál, az adott probléma kapcsán, a valószínűségi változó nem vesz fel kisebb értéket.

A (3.5) definícióval megadott görbe általános alakja látható a 3.2. a) ábrán. Ez tehát egy ún. érzékenységi görbe. Adott  $x_1$  esetén annak valószínűségét adja meg, hogy a valószínűségi változó  $x < x_1$  értékei esetén a  $B_i$  káresemény bekövetkezik. Az eseményfa elemzése alapján azonban világos, hogy szükség van a komplementer esemény, tehát a  $\bar{B}_i$  bekövetkezésének valószínűségére. Ennek értékét adja a  $G(x) = 1 - F(x)$  függvényérték. A  $G(x)$  függvény az adott rendszer megbízhatóságára jellemző, adott  $x_1$  esetén annak valószínűségét adja meg, hogy a valószínűségi változó  $x < x_1$  értékei esetén a  $B_i$  káresemény nem következik be. Ennek általános görbéje, a megbízhatósági görbe látható a 3.2. b) ábrán.





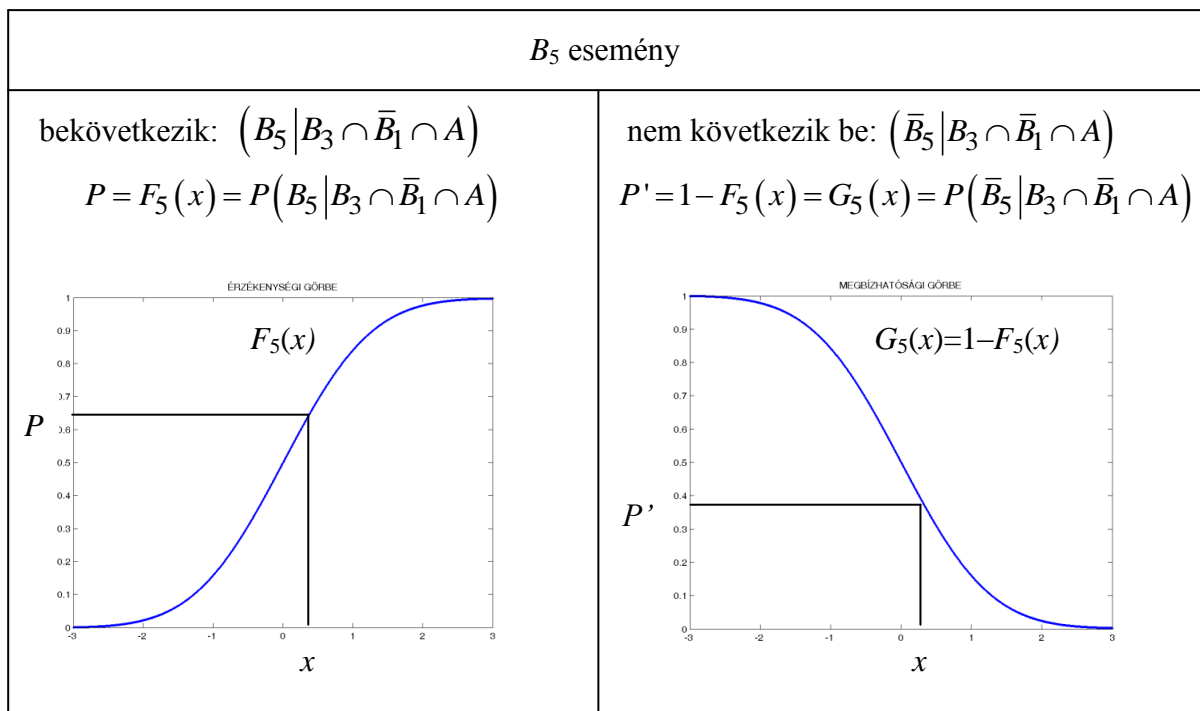
a)



b)

3.2. ábra. a) Érzékenységi görbe; b) Megbízhatósági görbe

Ha ezeket a függvényeket felhasználjuk, akkor a 3.1. ábrán látható eseményfában szereplő minden egyes esemény valószínűségét azonnal számíthatjuk. Példaképpen kiválasztjuk az eseményfából a  $B_5$  eseményt, és ennek kapcsán megadjuk a kérdéses valószínűségeket. Ez látható a 3.3. ábrán.



3.3. ábra. Az eseményfa csomópontjaihoz tartozó események valószínűségének számítása az érzékenységi és megbízhatósági görbék felhasználásával.

Ha visszatekintünk a 3.1. ábrán vázolt eseményfára, akkor világos, hogy az eseményfa minden egyes csomópontjában szereplő lehetséges események valószínűsége a 3.3. ábra szerinti módszerrel határozandó meg.

Ha ezek után például az  $S_4$  esemény valószínűségét szeretnénk meghatározni, akkor erre a (3.2) egyenlőség helyett a bevezetett függvények segítségével az alábbi lehetőség adódik:

$$P(S_4|A) = F_5(X) \cdot F_3(X) \cdot (1 - F_1(X)) = F_5(X) \cdot F_3(X) \cdot G_1(X) \quad (3.7)$$

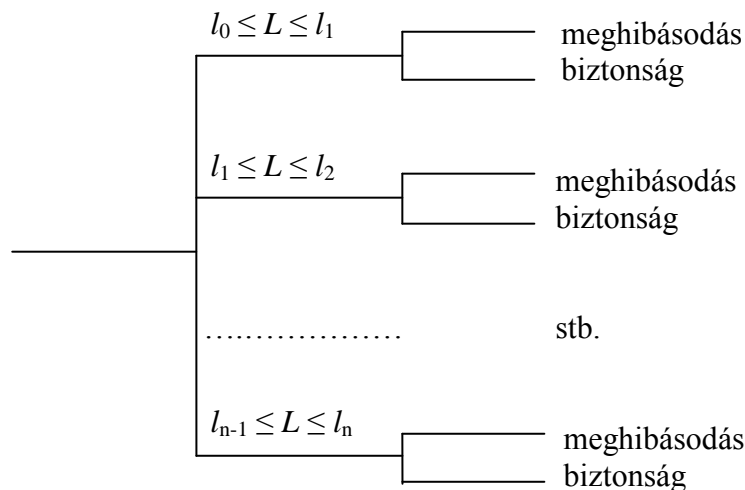
A továbbiakban a fentiekben vázolt valószínűségek egy numerikus kiszámítási lehetőségével foglalkozunk.

#### 4. FOLYTONOS ELOSZLÁSOK DISZKRETIZÁLÁSA, NUMERIKUS SZÁMÍTÁSOK A MATLAB-BAL

Mint azt a 2. és 3. pontban tettük, feltételezzük, mint a fentiekben is, hogy a probléma folytonos eloszlású valószínűségi változókkal van leírva. Ebben a pontban eljárást adunk a MATLAB szoftver alkalmazásával a szereplő valószínűségek numerikus kiszámítására. Ennek során az is kiderül, hogy hogyan lehet a folytonos eloszlással adott valószínűségi változók esetén az eseményfa egyes ágaihoz tartozó valószínűségeket diszkrét értéként megadni, azaz hogyan lehet a *folytonos eloszlásokat diszkrétizálni*.

Egy kissé tovább árnyaljuk a 3. pontban vázolt problémát. Tegyük fel, hogy a  $B_i$  eseménnyel kapcsolatos valószínűségi változónak az értékeit intervallumokba soroljuk, és a következő módon tesszük fel a kérdést: Mi a meghibásodás/káresemény valószínűsége, ha az adott folytonos eloszlású valószínűségi változó értéke adott intervallumba esik?

A kérdés megválaszolásához tekintsük egy eseményfa egy részletét a 4.1. ábrán.



4.1. ábra. Egy eseményfa részlete: az  $L$  valószínűségi változó értékeinek intervallumokba sorolása esetén

Két dimenzióval maradva, az  $X_1, X_2$  jelölések helyett az egyszerűbb  $L$  (load) és  $C$  (capacity) jeleket használva jelöljük a kérdéses intervallum osztópontjait a következő módon:  $l_0, l_1, \dots, l_{n-1}, l_n$ . Válasszuk ki ezek közül általánosan az  $i$ -edik részintervallumot, és számítsuk ki a nemkívánatos esemény valószínűségét azzal a feltétellel, hogy a hatás, vagyis az  $L$  mennyiség, mint folytonos eloszlású valószínűségi változó értéke az  $i$ -edik részintervallumba esik:  $l_i \leq L \leq l_{i+1}$ .

Ehhez elsőként használjuk fel a feltételes valószínűség definícióját [11,12]. Ha az  $A$  esemény valószínűségét kérdezzük a  $B$  feltételre vonatkozóan, akkor a feltételes valószínűség a következő formulával számítható:

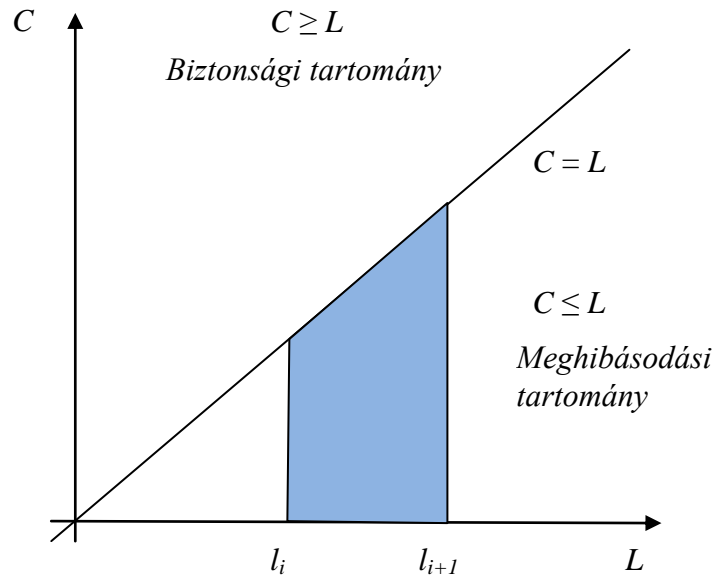
$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \quad (4.1)$$

Alkalmazzuk ezt a definíciót a folytonos esetre. Az  $A$  esemény a rendszer meghibásodása, tehát a  $C \leq L$  egyenlőtlenséggel leírt esemény bekövetkezése, a  $B$  feltétel pedig az az esemény, hogy az  $L$  hatás, mint folytonos valószínűségi változó, az  $i$ -edik részintervallumba esik:  $l_i \leq L \leq l_{i+1}$ . A (4.1)-nek megfelelő formula most a következő alakot ölti:

$$P(C \leq L | l_i \leq L \leq l_{i+1}) = \frac{P((C \leq L) \cap (l_i \leq L \leq l_{i+1}))}{P(l_i \leq L \leq l_{i+1})} \quad (4.2)$$

Jelölje most  $f(l, c)$  az  $L$  és  $C$  valószínűségi változók együttes sűrűségfüggvényét. Ekkor a (4.2) feltételes valószínűség az alábbi hányadossal számítható:

$$P(C \leq L | l_i \leq L \leq l_{i+1}) = \frac{\int_{c \leq l_i \leq l_{i+1}} \int f(l, c) dl dc}{\int_{l_i}^{l_{i+1}} f_1(l) dl} \quad (4.3)$$



4.2. ábra. Az integrációs tartomány szemléltetése

A gyakorlat szempontjából feltehető, hogy a két valószínűségi változó független, így az együttes sűrűségfüggvény a perem sűrűségfüggvények szorzataként írható [11,12]:  $f(l, c) = f_1(l) \cdot f_2(c)$ . Ha felhasználjuk ezt a feltételt, továbbá ezen peremeloszlások eloszlásfüggvényére bevezetjük rendre az  $F_1$  és  $F_2$  jelöléseket, akkor a következőt kapjuk:

$$P(C \leq L | l_i \leq L \leq l_{i+1}) = \frac{1}{F_1(l_{i+1}) - F_1(l_i)} \cdot \int_{c \leq l_i} \int_{l \leq l_{i+1}} f_1(l) \cdot f_2(c) dl dc \quad (4.4)$$

A kockázatelemzés során felmerülő feladat voltaképpen ennek a kettős integrálnak a kiszámítása. Az integrál kiértékelését megkönnyíti, ha az integrációs tartományt ábrázoljuk, ez látható a 4.2. ábrán. Ha figyelembe vesszük azt, hogy az együttes sűrűségfüggvény szorzat alakban írható, akkor az ábra alapján a következőt kapjuk:

$$P(C \leq L | l_i \leq L \leq l_{i+1}) = \frac{1}{F_1(l_{i+1}) - F_1(l_i)} \cdot \left[ \int_0^{l_{i+1}} f_2(c) \cdot \int_c^{l_{i+1}} f_1(l) dl dc - \int_0^{l_i} f_2(c) \cdot \int_c^{l_i} f_1(l) dl dc \right] \quad (4.5)$$

Ebben a formulában szereplő mindkét kettős integrálban a belső integrálok azonnal számíthatók az  $F_1$  eloszlásfüggvény segítségével:

$$P(C \leq L | l_i \leq L \leq l_{i+1}) = \frac{1}{F_1(l_{i+1}) - F_1(l_i)} \cdot \left[ \int_0^{l_{i+1}} f_2(c) \cdot (F_1(l_{i+1}) - F_1(c)) dc - \int_0^{l_i} f_2(c) \cdot (F_1(l_i) - F_1(c)) dc \right] \quad (4.6)$$

Feladatul tűzzük ki ezen integrálok kiszámítását MATLAB [10] segítségével. A kérdéses feltételes valószínűség kiszámítása történhet a (4.6) formula alapján, ugyanakkor kiszámítható a (4.4) formula figyelembe vételével is. A kettő között az alapvető különbség az, hogy a (4.6)-ban egyváltozós integrálokat kell számítani, míg a (4.4)-ben kettős integrálok adják az eredményt. Ennek fényében a számítások során a logikát bizonyos értelemben megfordítjuk. Elsőként az (4.6) formulával adott integrál numerikus kiszámításával foglalkozunk, mivel ezek egyváltozós függvények határozott integráljai. Majd ezután térünk rá a (4.4) kettős integrál kiszámítására.

Egyváltozós függvények határozott integráljának kiszámítására MATLAB-ban [10] az egyik lehetőség a trapéz formula alkalmazása. Ez a számítás a **trapz(x,f)** utasítással hívható meg. Az  $x$  vektort a számítások során mi definiáljuk úgy, hogy egy  $n$  egész számmal adott, de tetszőleges számú ekvidisztans részintervallumra osztjuk az integrációs intervallumot. Ezeket az osztópontokat tartalmazza az  $x$ , az  $f$  értékei az  $x$  vektorral adott pontokban vannak számítva. Az utasítás hátránya, hogy közvetlenül nem tartalmaz információt a pontosságra vonatkozólag. Ezt beépíthetjük a programba azáltal, hogy előírunk egy epszilon hibakorlátot, ciklusonként növeljük az osztópontok számát, és addig futtatjuk a programot, amíg a szomszédos ciklusokban adódó közelítő integrál értékek epszilonnál kevésbé térnek el egymástól. Az integrált kiszámító eljárás megírásánál figyelembe kell venni, hogy az integrandus tartalmazza az  $f_1$  sűrűségfüggvénnyel adott eloszlás eloszlásfüggvényét is, tehát a programon belül ezt is ki kell számítani. Illusztrációképpen tekintsük például azt az esetet, amikor a valószínűségi változónak nem létezik eloszlásfüggvénye, tehát az  $F_1$  függvény explicit képlettel nem adható meg. Erre a legismertebb példa a normális eloszlás. Ebben az esetben az eljárásán kívül definiálni kell az  $F_1$  függvényt, mint egy változó felső határral adott határozott integrált, vagyis integrálfüggvényt, majd a programon belül ezt meg kell hívni. Ezt a **function** utasítással érhetjük el.

Definiálunk egy *eloszlas.m* nevű függvényt az alábbi programmal:

```
% függvénydefiníció
function y=eloszlas(x);
a=-5;
% a felosztás finomsága: d
d=0.01;
n=(x-a)/d;
for i=1:n;
    z(i)=a+i*d;
    f(i)=(1/sqrt(2*pi))*exp(-(z(i))^2/2);
end
y=trapz(z,f);
```

Ez a program a standard normális eloszlás eloszlásfüggvényének az értékét számítja ki tetszőleges  $x$  helyen. Ehhez hasonló módon definiálható bármely olyan eloszlásfüggvény, amelynek analitikus képlete nincs, vagy bár létezik, de a numerikus értékek tökéletesen megfelelnek a célnak.

Ezek után alkalmazzuk a módszert egy konkrét esetre. Tegyük fel, hogy az  $L$  valószínűségi változó  $N(3, 0.8^2)$  a  $C$  valószínűségi változó pedig  $N(5, 2^2)$  paraméterekkel adott normális eloszlású. Megkérdezzük, mi a valószínűsége annak, hogy  $[l_i ; l_{i+1}] = [2, 4]$  esetén bekövetkezik a nemkívánatos esemény, azaz a meghibásodás. Az említett konkrét példában szereplő integrál kiszámítását teszi lehetővé az alábbi program, melyben a (4.6)-beli integrandusokra csak egy  $\varphi$  (a programban „fi”) jellel hivatkozunk, és amelyben felhasználjuk az előbbieken definiált *eloszlas.m* nevű függvényt:

```
% valószínűség számítása a (4.6) formula alapján
% az integrálás trapéz formulával történik, adott epsilon pontossággal
% az integrálás határai: a és b1 illetve b2
a=0;
% mindkét felső határ esetében kiszámítjuk az integrált
% a felső határokat a B vektor tartalmazza
b1=input('b1=');
b2=input('b2=');
B(1)=b1;
B(2)=b2;
% az Int vektor tartalmazza a két határozott integrál értékét
Int=zeros(1,2);
for p=1:2;
% az L normális eloszlású val. vált. paraméterei: m1 és szigma1
m1=3;
szigma1=0.8;
% a C normális eloszlású val. vált. paraméterei: m2 és szigma2
m2=5;
szigma2=2;
% osztópontok száma az első ciklusban n
n=30;
for i=1:n;
    x(i)=a+i*((B(p)-a)/n);
    e(i)=eloszlas((B(p)-m1)/szigma1)-eloszlas((x(i)-m1)/szigma1);
    fi(i)=(1/(sqrt(2*pi)*szigma2))*exp(-(x(i)-m2)^2)/(2*szigma2^2))*e(i);
end
I(1)=trapz(x,fi);
k=2;
n=n+1;
```



```

% megadjuk a számítás pontosságát: epsilon
epsilon=1e-5;
delta=l(1);
while delta>=epsilon;
    x=zeros(1,n);
    fi=zeros(1,n);
    for i=1:n;
        x(i)=a+i*((B(p)-a)/n);
        e(i)=eloszlas((B(p)-m1)/szigma1)-eloszlas((x(i)-m1)/szigma1);
        fi(i)=(1/(sqrt(2*pi)*szigma2))*exp(-((x(i)-m2)^2)/(2*szigma2^2))*e(i);
    end
    l(k)=trapz(x,fi);
    delta=abs(l(k)-l(k-1));
    n=n+1;
    k=k+1;
end
Int(p)=l(k-1);
end
% végül számítjuk a valószínűséget
P=(1/(eloszlas((b2-m1)/szigma1)-eloszlas((b1-m1)/szigma1)))*(Int(2)-Int(1));
% kiiratjuk a valószínűséget
P

```

A program induláskor bekéri az integrációs intervallum felső határait, a programban b1-et és b2-t, (az alsó határt nem, mert az mindkét integrál esetében zérus). A kezdeti részintervallumok számát, n-et, megadtuk konkrétan, de ezt kérheti a program, ha változtatni akarjuk. A programban előírtuk, hogy a pontosság legyen  $10^{-5}$ , de ez is tetszés szerint változtatható. Az egyes ciklusokban az *I* vektor raktározza el az integrálok közelítő értékét. Ha a megállási kritérium teljesül, az utolsó érték az *I*(k-1) koordináta, ez a kérdéses integrál közelítő értéke. A két integrált végül az *Int* vektor tartalmazza. Ezzel az eljárással kiszámítható a (4.6) valószínűség mindkét tagja, ha először a  $b1 = l_1 = 2$  utána pedig az  $b2 = l_{i+1} = 4$  értéket írjuk felső határnak. A nevezőben levő különbség az *eloszlas.m* függvénybe történő helyettesítéssel számítható. Ez utóbbinál figyelni kell arra, hogy az *eloszlas.m* függvénynévvel standard normális eloszlást hívunk meg, tehát gondoskodni kell az argumentum transzformációjáról az  $F(x) = \Phi\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)$  formula szerint. A számítások során

kapott valószínűség:  $P = 0,1596$ .

A **trapz** utasításnál „intelligensebb” a **quad(függvénynév, alsó határ, felső határ, pontosság, trace, paraméterek...)** utasítás határozott integrál kiszámítására, amely – ha nem írunk elő mást –  $10^{-6}$  pontossággal dolgozik, ez azonban változtatható. Az utasítás Simpson formulával hajtja végre az integrál közelítő számítását, a felosztás pedig nem ekvidisztans, hanem csak ott finomodik, ahol a közelítő számítás hibája nagy. A programozásnál lényeges különbség, hogy a függvényt az adott programon kívül, a **function** utasítással definiálni kell, és a programon belül ezzel a definiált függvénynévvel kell meghívni. Ezt a lehetőséget alkalmazhatjuk a fenti (4.6) formulával adott esetben is, azonban mi ehelyett a (4.4) formulával megadott esetre alkalmazzuk, amikor is a valószínűséget a (4.4) szerinti kettős integrál közvetlen kiszámításával határozzuk meg.

Kettős integrál kiszámítására a MATLAB a **dblquad(függvénynév, xalsóhatár, xfelsőhatár, yalsóhatár, yfelsőhatár, pontosság, módszer, paraméterek,...)** utasítás alkalmazását teszi lehetővé. A nehézség itt abban van, hogy az utasítás közvetlenül csak téglalap alakú tartomány esetén adja meg a határozott integrál közelítő értékét, normál tartomány esetében az utasítás nem alkalmazható. Márpedig a (4.4) integrál nem téglalap

tartományra vonatkozik, így az idézett utasítás nem használható közvetlenül. Ha normál tartományra kell integrálni, egy lehetőség a **quad** utasítás egymásba skatulyázott alkalmazása, melynek során a belső integrál kiszámítása során a határok nem konstansok, hanem az egyik változónak függvényei. Azaz meg kell oldani, hogy az integrál változó határok között is számítható legyen. Ezt mutatjuk be az alábbiakban.

A kettős integrál kódolásához először az analitikus formulát kell felírunk. Ha egy olyan normáltartományra vonatkozólag kell kettős integrált számolnunk, mint amely a 2. ábrán látható, akkor az analitikus formula általános alakban a következő:

$$I = \int_a^b \left( \int_{\varphi(x)}^{\psi(x)} f(x, y) dy \right) dx = \int_{l_i}^{l_{i+1}} \left( \int_{\varphi(l)}^{\psi(l)} f(l, c) dc \right) dl \quad (4.7)$$

A (4.4) formulában szereplő kettős integrál esetében ez úgy értendő, hogy  $a = l_i$ ,  $b = l_{i+1}$ ;  $\varphi(x) = 0$  és  $\psi(x) = x$ . Kódoljuk ezt a formulát MATLAB-ban.

**1. lépés:** Először az integrandust kell definiálni egy **function** utasítással, neve *flc.m*. Maradva az előbbieken vizsgált numerikus példánál, a függvény definíciója a következő:

```
% definiáljuk az integrandust, jele flc
function z=flc(l,c);
% az integrandusbeli sűrűségfüggvények paraméterei:
m1=3;
szigma1=0.8;
m2=5;
szigma2=2;
z1=(1/(sqrt(2*pi)*szigma1))*exp(-((l-m1).^2)/(2*szigma1^2));
z2=(1/(sqrt(2*pi)*szigma2))*exp(-((c-m2).^2)/(2*szigma2^2));
z=z1*z2;
```

**2. lépés:** Ezután következik az alsó határt megadó  $\varphi(x)$  függvény definíciója ugyancsak a **function** utasítással, neve *alsohat.m*:

```
% az alsó határ definíciója
function c=alsohat(l);
c=0;
```

Ebben a definícióban a (4.4) képletbeli alsó határ szerepel, ami a konstans 0 függvény. Egy másik valószínűségi számítási feladat kapcsán előállhat az a helyzet, hogy összetettebb az alsó határ, ezért írtuk meg ebben a formában a kódot. Az *alsohat.m* függvény tartalmazhat még paramétereket is, *alsohat(l, p1, p2, stb.)*, és a definíciójában ( $c = \dots$ ) tetszőleges függvény szerepelhet.

**3. lépés:** Most következik a felső határ, amely már a (4.4) példában sem állandó, hanem függ  $l$ -től. Ugyancsak a **function** utasítással definiáljuk a *felsohat.m* nevű függvényt:

```
% a felső határ definíciója
function c=felsohat(l);
c=l;
```

Erről pontosan ugyanazokat az általánosítási lehetőségeket lehet elmondani, mint azt az *alsohat.m* függvény definíciójánál tettük.

**4. lépés:** Ezután következhet az első egyváltozós integrál kiszámítása, amelynek alsó és felső határa függ(het) az  $l$  koordinátától. A (4.4) példa esetében az alsó határ 0 a felső határ  $l$ , tehát valóban függ az  $l$  változótól. Ezt ugyancsak a **function** utasítással oldjuk meg. Az program lényege, hogy definiálunk egy  $l$  változótól függő függvényt, amely nem más adott  $l$ -re, mint az integrandus határozott integrálja *alsohat*-tól *felsőhat*-ig. Az integrált a **quad** utasítással számítja a program:

```
% a c változó szerinti integrál kiszámítása változó határok között
function w=intdc(l,flc,alsohat, felsohat);
n=length(l);
for i=1:n;
    tol=feval(alsohat,l(i));
    ig=feval(felsőhat,l(i));
    w(i)=quad(flc,tol,ig,[],[],l(i));
end
```

**5. lépés:** Végezetül kiszámítható a kettős integrál értéke úgy, hogy a 4. lépésben definiált *intdc.m* függvényt integráljuk, most már konstans határok között, ugyancsak a **quad** utasítás felhasználásával. Az eljárás neve *kettosint.m*:

```
% kettős integrál kiszámítása
% Bemenő adatok az intervallum két végpontja: b1 és b2
b1=input('b1=');
b2=input('b2=');
Int2=quad('intdc',b1,b2,[],[],'flc','alsohat','felsohat');
Int2
% végül kiszámítjuk a P valószínűséget
m1=3;
szigma1=0.8;
P=(1/(eloszlas((b2-m1)/szigma1)-eloszlas((b1-m1)/szigma1)))*Int2;
% kiiratjuk a valószínűséget
P
```

Ezzel a módszerrel számítva a (4.4) formula szerinti valószínűséget, az eredmény:  $P = 0,1743$ . Ha összevetjük ezt az eredményt a (4.6) formula alapján a **trapz** utasítással kódolt program eredményével, akkor látszik, hogy  $10^{-2}$  nagyságrendű az eltérés. Ennek oka, hogy az egyik trapéz formulát alkalmaz, a másik pedig a sokkal pontosabb Simpson formulát. Az előbbi pontossága javítható ha epsilon-nak egy kisebb értéket adunk, de jelentősen megnöveli a gépidőt. Kérdés, hogy szükség van-e egyáltalán ennél pontosabb eredményre. Ezt a gyakorlat szabja meg. Ha igen, javasoljuk a **quad** utasítás alkalmazását a **trapz** helyett.

## 8. ÖSSZEFOGLALÁS

A kockázatelemzés egyik alapvető feladata a vizsgált esemény bekövetkezési valószínűségének kiszámítása. A „kiszámítás” többféle módon történhet. Numerikus módszerrel, Monte-Carlo módszerrel, a megbízhatósági index-szel, stb. Ebben a dolgozatban a numerikus számítások egy lehetőségét mutattuk be. Közöltünk olyan MATLAB kódokat, amelyek segítségével a másodperc töredéke alatt kiszámíthatóak olyan valószínűségek, amelyek folytonos eloszlással adódtak, és amelyek ezen eloszlások sűrűségfüggvényének adott síkidomok, az általános esetben normál tartományok feletti integrálásával határozhatóak

meg. A bemutatott konkrét példák tanulmányozásával a módszert könnyen általánosíthatjuk összetettebb szerkezetű normál tartományokra, illetve magasabb dimenziójú, több változójú problémák megoldására. Vizsgálatainkban alapvető szerepet kapott az eseményfa fogalma, melynek alkalmazása szokásos eljárás a kockázatelemzésben, mert segítségével könnyen áttekinthető módon, elemi részekre lebontva vizsgálható egy összetett kockázatelemzési probléma. Mint láttuk a 4. pontban, a numerikus módszerek közvetlenül támaszkodnak az eseményfa szerkezetére. Végül hangsúlyozzuk, hogy az eseményfa eseményeinek leírásában alapvető szerepe van az érzékenységi függvénynek, mint eloszlásfüggvénynek, hiszen a numerikus módszerek, amelyeket részletesen közöltünk, éppen ezen függvények értékeit számítják a konkrét esetekben.

**Ábrák:** A dolgozatban szereplő ábrákat a szerző készítette, a grafikonokat ugyancsak a szerző készítette a MATLAB szoftver segítségével.

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.”

## Irodalomjegyzék

- [1] Hanka László: Kockázat becslése a valószínűség kiszámítása nélkül, a megbízhatósági index és alkalmazása. Műszaki Katonai Közlöny. XXII. évf. 2012. 2. pp.69-85.
- [2] Terje Aven, W. Retterdal. Bayesian frameworks for integrating QRA and SRA methods. Structural safety. 20 (1998) 155-165.
- [3] Bier, V.M., Mosleh, A.: The subjective Bayesian approach to Probabilistic Risk Assessment. Reliability Engineering and System Safety 23 (1988) 269-275.
- [4] I.M.Szobol: A Monte Carlo-módszerek alapjai. Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1981.
- [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] D. T. Bolster, D. M. tartakovsky: Probabilistic risk analysis of building contamination. Indoor Air. 2008. 18. 351-364.
- [7] Ezell, Bennett, Winterfeldt, Sokolowski, Collins: Probabilistic Risk Analysis and Terrorism Risk. Risk analysis, Vol. 30, No.4, 2010.
- [8] 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
- [9] Mark G. Stewart, Michael D. Netherton, David V. Rosowsky: Terrorism Risks and Blast Damage to Built Infrastructure. Natural Hazards Review. Vo.7. No.3. August 1..2006.
- [10] Stoyan Gisbert: MATLAB. Typotex. Budapest. 2005. ISBN: 963 9548 49 9
- [11] William Feller: Bevezetés a valószínűségszámításba és alkalmazásaiba. Műszaki Könyvkiadó. Budapest. 1978. ISBN: 963 10 2070 3
- [12] Denkinger Géza: Valószínűségszámítás. Tankönyvkiadó. Budapest. 1989. ISBN: 963 18 1552 8

Dr. Kovács Tibor

## A KATONAI TÁBOROK BIZTONSÁGI RENDSZEREINEK KIALAKÍTÁSA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A ROBBANTÁSOS MERÉNYLETEK MEGELŐZÉSÉRE, AZOK HATÁSAI CSÖKKENTÉSÉRE

### A KATONAI TÁBOROK BIZTONSÁGI RENDSZEREI KIALAKÍTÁSÁVAL KAPCSOLATOS ELŐÍRÁSOK

A Magyar Honvédség szerepvállalása a nemzetközi békefenntartó feladatokban sürgető szükségsszerűséggé teszi a katonai (a békeműveletekben résztvevő) erők védelmének megoldását. E feladat kiemelt területként jelentkezik a táborok fizikai védelme, a különböző merényletek megelőzése, hatásaik csökkentése. E terület speciális feladatát jelenti a robbantásos cselekmények vizsgálata, az ellenük való védekezés adminisztratív, technikai/műszaki és szervezeti lehetőségeinek kutatása.

Cikksorozatomban – a hazai és a nemzetközi szakirodalmat, saját kutatási eredményeimet, missziós tapasztalataimat felhasználva – arra vállalkoztam, hogy bemutassam a táborok fizikai védelmének kialakításával kapcsolatos előírásokat, gyakorlati megoldásokat; felvázoljam a témával kapcsolatos hazai és a nemzetközi előírások rendszerét; gyakorlati példákon, esettanulmányokon keresztül érzékeltessem a téma fontosságát.

Természetesen e cikksorozatot elsősorban – a főcímben megfogalmazottak szerint – a robbantásos merényletek megelőzése, azok hatásaik csökkentése aspektusából kívánom a témát feldolgozni, és a téma iránt érdeklődők elé tárni.

## 1. A KATONAI TÁBOR

### 1.1 A katonai táborokról általában

A katonai tábor megjelenése egyidős a hadseregek kialakulásával, igaz felállításuk célja, módja, kialakításuk megvalósítása, a táborban lévő „infrastruktúra” minősége koronként, haderőként nagy eltérést mutat.

A mai értelemben vett katonai táborok elődjét a római haderő hozta létre, használta. E táborokat elsősorban a meghódított területeken telepítették a római érdekek katonai erővel történő biztosítása céljából.

„A katonai tábor valóságos város volt. Később a katonai tábort a legtöbb helyen un. polgárváros vette körül. Maga a katonaváros (tábor) átlagosan 20 hektár területet foglalt el. Sánc vette körül, amelyet őrtornyok s négy kapu tört meg. Kettős árokrendszer védte. A tábor központjában a principia, a főhadiszállás, a hivatali helyiség, a fegyverraktár és a templom állt. A tiszték különálló házakban laktak, a katonák közös hálótermekben. A táborban volt



gyakorlótér, raktár, kórház és fürdő. Ostrom alkalmával a hajítógépeket (ballisztákat) gurítható tornyokba szerelték.”<sup>1</sup>

Az idézetből megállapítható, hogy az így kialakított tábor lehetővé tette a katonák (esetenként családtagjaik), a kiszolgáló személyzet, a fegyverzet és az állatok elhelyezését; az életfeltételek, a napi élet biztosítását; a katonai közigazgatás működését; a katonai kiképzés végrehajtását. Mindezekon felül – a kor műszaki színvonalának megfelelően – nagy hangsúlyt fektettek a tábor és az ott lévők biztonságának megteremtésére, fizikai védelmére, a támadások visszaverésére.

Napjaink katonai táborai – természetesen a kor színvonalának megfelelően – hasonlóan kerülnek kialakításra. A táborok kialakítását rengeteg tényező befolyásolja, melyet e cikk keretei között csak a szükséges mértékben vázolok fel.

Mi is a tábor? Ha az előzőekben felvázolt kritériumokat vesszük alapul, akkor megállapíthatjuk, hogy a mai laktanyák (béke elhelyezési körletek), a gyakorlatok során berendezett és üzemeltetett ideiglenes elhelyezési körletek, a minősített időszakban a katonai erők által elfoglalt vagy megszállt területek,<sup>2</sup> a missziós feladatot ellátó erők szállásai mindmind katonai tábor hiszen:

- lehetővé teszik a katonák, a fegyverzet és a technikai eszközök elhelyezését, védelmét;
- biztosítják az életfeltételeket;
- megteremtik a kiképzésnek (a felkészülésnek) a feltételeit;
- biztosítják a napi élet (vagy a harcvezetés) irányításának infrastrukturális hátterét;
- kiemelten kezelik a tábor (laktanya) és az ott lévők biztonságát, fizikai védelmét, a támadások visszaverését.

Mivel a béke elhelyezési körletek, a gyakorlatok alkalmával berendezett táborok létesítése, fenntartása, védelme szabályzókkal, előírásokkal jól körülhatárolt, ezért e cikk keretei között csak a békeműveletekben résztvevő erők táborait veszem górcső alá.

## 1.2 A békeműveletek katonai táborai

A teljesség igénye nélkül megállapítható, hogy a békeműveletek értelmezése, tartalma, az ahhoz tartozó tevékenységek – beleértve a katonai táborok berendezését is – számos eltérést mutathatnak, hiszen felfogásbeli különbségek mutatkoznak:

- az Észak-atlanti Szerződés (NATO);
- az Egyesült Nemzetek Szövetsége (ENSZ);
- az Európai Biztonsági és Együttműködési Szervezet (EBESZ);
- az Európai Unió (EU);
- az Afrikai Unió (AU) által vezetett missziók során.

---

<sup>1</sup> Forrás: hu.wikipedia.org/Wiki/Limes (2012-11-12)

<sup>2</sup> Minősített időszakok az Alkotmányban rögzített azon időszakok melyek az állam életének rendeltetésszerű működését, az állampolgárok életét, biztonságát veszélyeztetik, és ennek kapcsán rendkívüli intézkedések bevezetése szükséges. Forrás: Varga Péter Horváth László: A minősített időszakok definiálása, alapvető szabályai, valamint szabályozásának főbb indokai.[http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle2009/3/06\\_vargapeter2.pdf](http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle2009/3/06_vargapeter2.pdf) (2012. 12. 02.)

Ennek ellenére kijelenthetjük, hogy a katonai táborok fizikai védelme minden missziós (békeműveletben résztvevő) erő számára elengedhetetlen, de ezek megvalósítása az alábbi tényezőktől függ:<sup>3</sup>

- a művelet időtartamától;
- a veszélyforrások minőségétől, intenzitásától;
- az elhelyezett erők nagyságától, szervezetétől, feladatától;
- a befogadó nemzeti támogatástól;
- a földrajzi (geológiai, éghajlati, időjárási, stb.) tényezőktől;
- a táborban elhelyezett erők összetételétől (nemzeti, többnemzetiségű, befogadó);
- számos más tényezőtől (politikai, egészség és járványügyi, a hazai támogatás minőségétől, stb.).

A táborok berendezését számos – nemzeti, NATO, ENSZ, stb. – előírás szabályozza, melyeket az elhelyezett erők kiegészítenek megszerzett tapasztalataikkal.

A továbbiakban áttekintést adok a táborok fizikai védelmének – a robbantásos cselekmények elleni — előírásairól.

## 2. A KATONAI TÁBOROK FIZIKAI VÉDELMEVEL KAPCSOLATOS ELŐÍRÁSOK, RENDSZABÁLYOK

### 2.1 NATO előírások

A kétpólusú hatalmi szembenállás megszűnésével a NATO szükségesnek vélte, hogy ártértékelje a nemzetközi biztonságot veszélyeztető tényezőket, az azokra való reagálás lehetőségeit, valamint a szövetség helyét és szerepét a kialakult új világrendben. Az útkeresés már az 1991-ben megfogalmazott stratégiai koncepcióval elkezdődött, azonban igazán az 1999-es, Washingtonban elfogadott tervzetben teljesedett ki. Ettől az időszaktól kezdve jelent meg a NATO fogalmai között a „Force Protection”<sup>4</sup>, amelynek hivatalosan elfogadott magyar megfelelője még nincs.

A Varsói Szerződés megszűnésével az úgynevezett „nagy méretű hagyományos ellenséges haderő” jelentette közvetlen fenyegetés is megszűnt a NATO számára. Bár továbbra is léteznek hagyományos fenyegetések, az új biztonsági környezetben kisebb méretű, ám sokkal diverzifikáltabb fenyegető tényezők jelentek meg, mint például a terrorizmus, az aszimmetrikus hadviselés és a tömegpusztító fegyverek terjedése (proliferáció).

Értelemszerűen, a „hagyományos” hadviselés háttérbe szorulásával át kellett gondolni a harc- és a hadművelet mindenoldalú biztosításának kérdéseit is, így a katonai táborok berendezését, védelmét is.

---

<sup>3</sup> A felsorolás nem fontossági sorrendben tartalmazza a táborok berendezését befolyásoló tényezőket.

<sup>4</sup> Erők védelme (szerző).

A hadviselés egyik alapvető elve, a parancsnokok felelőssége, sőt, a NATO-ban elfogadott közös szabály, hogy minden katonai alakulatnak, egységnek és alegységnek - beleértve a parancsnokságokat és törzseket is - meg kell védenie és oltalmaznia magát a várható fenyegetésekkel szemben, a konfliktus teljes időtartama alatt. Az MC 400/2 a „*Túlélési képesség és a Force Protection*” című kiadvány (a továbbiakban: Utasítás) ezt megerősítve, a „*védelmet és oltalmazást*” a Szövetség „*alapvető műveleti képesség*”-évé (basic operational capability) nyilvánítva megállapítja: „*A túlélési képesség és a Force Protection feladata, hogy csökkentsék az ellenség bármilyen tevékenységének hatását, beleértve a tömegpusztító fegyverek elleni védelmet, és ezzel egy időben biztosítsák a Szövetség cselekvési szabadságát és haderejének harci hatékonyságát*”.

Az MC 400/2 leszögezi, hogy „bármely ellenség megpróbálhat nem-hagyományos hadviselési és harceljárési módokat alkalmazni, hogy legyőzze a NATO erőit és aláassa a Szövetség szilárdságát. Ebből adódóan várható, hogy az általuk vélt, vagy valós gyenge és sérülékeny pontokat célozzák meg, amelyből következik, hogy szükség van egy jól megalapozott és átfogó Force Protection stratégiára”. E felismerésből adódóan, NATO magasabb parancsnoki szinten kidolgozásra került egy olyan utasítás, amely a Force Protection stratégia alapját képezi. Az Utasítás célja az volt, hogy a Force Protection feladatok következetes végrehajtása minden helyzetben, illetve mindenfajta fenyegetettség ellen védelmet nyújtson a csapatok számára. A Force Protection eljárásokat mind békefenntartó feladatok, mind válságkezelő műveletek, mind háborús tevékenység során alkalmazzák.

A kidolgozott utasítás alapját képezi a Force Protection stratégiának, amelyet NATO magasabb parancsnoki szinten (regionális parancsnokságoktól felfelé) szükségesnek ítélnék ahhoz, hogy a kellő védelem biztosított legyen a NATO személyi állománya és eszközei számára, és amely egyaránt alkalmazható a NATO északi és déli parancsnokságai által. Azon nemzeti előírások, amelyek szigorúbbak az „Utasításban” meghatározottaknál, eredeti formájukban, a nemzeti követelményeknek megfelelően kerülnek alkalmazásra. Az egyes alárendelt parancsnokságok az általuk szükségesnek tartott mértékben kiegészítő Force Protection utasításokat és terveket készíthetnek.

Az Utasítás leszögezi, hogy a Force Protection végrehajtása az egyszemélyi parancsnoki felelősség körébe tartozik. A Force Protection-ért az egyes térségeken (régiókon) belül az adott regionális parancsnok a felelős. A saját szintjükön ugyanakkor az egyes alárendelt parancsnokok ugyanúgy felelősek a Force Protection feladatok végrehajtásáért, mint a saját Force Protection terveik elkészítéséért. A terveknek meg kell felelniük az Utasítás szellemének és céljainak. Az egyes csapathozzájárulást biztosító nemzeteknek (Force Contributing Nation) tájékoztatniuk kell a felelős parancsnokot, amennyiben saját Force Protection szabályaik eltérnek a NATO utasításaitól.

A kidolgozott Utasítás a Force Protection fogalmát az alábbiak szerint határozza meg: „A Force Protection mindazon rendszabályok és eljárások összessége, amelyek végrehajtásának célja, hogy csökkentsék a saját személyi állomány, a létesítmények, a felszerelések, a hadműveletek és a vezetés-irányítási és informatikai rendszerek sérülékenységét bármilyen ellenséggel és fenyegetéssel szemben, minden helyzetben, ezzel megőrizve a saját cselekvési szabadságot és a saját haderők műveleti hatékonyságát. E célok a kockázati tényezők helyes és folyamatos kezelésével érhetőek el.”

A Force Protection konkrét megvalósulása a táborok védelme során a kockázati tényezők helyes felmerésén és az azok ellen hozott rendszabályok megfelelő meghatározásán kell, hogy alapuljon, nem pedig az egyes kockázati tényezők megszüntetésén.

Minden táboron belül a helyi parancsnokoknak kell felmérniük a lokális biztonsági helyzetet és annak megfelelően meghatározni a védelem szükséges mértékét. A minimálisan bevezetendő rendszabályok speciális körülmények fennállása esetén természetesen szolgálati úton is elrendelhetők, bevezethetők.

A Befogadó Nemzettel minden parancsnokságnak és alárendelt alakulatnak más-más kapcsolata van a Force Protection, így a táborok védelme tekintetében. Egyes parancsnokságok és alárendelt alakulatok nagyobb katonai létesítményeken belül kerülnek elhelyezésre, mások kikülönítve. Minden parancsnok felelőssége, hogy kapcsolatot teremtsen alárendelt alakulata felelősségi körzetén (area of responsibility) belül a helyi polgári és katonai hatóságokkal, mivel a Force Protection megosztott feladatot jelent a parancsnok és a Befogadó Nemzet között, amint azt a SOFA (status of forces agreement) és a MOU (memorandum of understanding) dokumentumok is minden esetben rögzítik. Függetlenül azonban a Befogadó Nemzet által biztosított támogatástól, a tábor védelme a parancsnoki felelősség körébe tartozik.

## 2.2 Általános előírások<sup>5</sup>

Az Amerikai Egyesült Államok haderejében- így a NATO missziók többségében is – az amerikai (kivételesen a nemzeti tábor létesítése és fenntartása) előírások érvényesülnek. Ennek értelmében az alábbi rendszabályok betartása kötelező:

- a parancsnoki munka és ellenőrzés;
- a tervezési eljárások következetes végrehajtása;
- veszélyforrások felmérése és kezelése;
- védelmi építmények kialakítása;
- a tábor logisztikai támogatása;
- a meglévő infrastruktúra üzemeltetése.

A táborok védelmének célja az, hogy csökkentjük az erők pihenése esetén bekövetkező nemkívánatos eseményeket és gondoskodjunk a biztonságról, a stabilitásról, a támadás utáni átmenetről és az újjáépítésről.

Az ezzel foglalkozó kézikönyvek áttekintést adnak a Force Protection harcászati, technikai és eljárási technikáiról, különböző alegységek vonatkozásában (tábori körülmények között). Külön kiemelik a rendelkezésre álló anyagok felhasználását a táborok védelme érdekében.

A tábori elhelyezéssel foglalkozó kézikönyvek, szabályzók, utasítások lefedik a szárazföldi haderő elhelyezési körletei, a légierő repülőtereit, a haditengerészet kikötői objektumai létesítésével, fenntartásával kapcsolatos előírásokat.

---

<sup>5</sup> GTA 90-01-010 alapján.

Ezen harcászati szintű kézikönyvek alapvetően bemutatják a védelmi és a logisztikai megoldásokat, a helyzeti reagálásokat, a belépés ellenőrzés szabályait, a belső biztonsági előírásokat, a tűzvédelmet, a távközlést, a támadásra való reagálást.<sup>6</sup>

A kézikönyvek és előírások az „Összesített veszélyforrások műveleti alapjai” című kiadvány előírásai alapján fogalmazódtak meg. Ezek tartalmazzák a legjobban bevált – a DoD<sup>7</sup> laboratóriumában kikísérletezett – a robbantásoknak legjobban ellenálló anyagokat és terveket. A kézikönyvek nem adnak konkrét eljárási elveket. Bővebb információkat a törzs (tábor parancsnokság) anti-terrorista tisztól, a speciális (helyzeti) adatoktól (all hands meetings) és személyes tapasztalóktól nyerhetünk. Egyébként a DoD honlapján naprakész információkat találhatunk a <https://atep.dtc.mil/> vagy <https://www.atep.smil.mil/> oldalakon.

### 2.3 A végrehajtással kapcsolatos előírások

E kézikönyvek ajánlásokat nyújtanak a táborok védelméről, e feladatok logisztikai támogatásáról. Nagyon fontos megjegyezni, hogy ezen ajánlások nem akarják a parancsnokok önállóságát, döntési lehetőségét, szabadágát befolyásolni, csak útmutatást nyújtanak az alábbi területeken:

- a tábor védelmének tervezésében, szervezésében;
- a feladatok logisztikai támogatásában;
- a védelem megoldásaiban (akadályok kialakítása, megvilágítás, érzékelők, kommunikációs csatornák fenntartása);
- a belépést szabályzó, detektáló felszerelések vonatkozásában;
- tűzvédelmi és más biztonsági felszerelések vonatkozásában.

## 3. A VÉDELEM ALAPJAI, A PARANCSNOKI MUNKA ÉS ELLENŐRZÉS

A tábor védelmének megszervezése intézményesített felelősség, a táborparancsnok egységes és oszthatatlan feladata. A táborparancsnok a tábor védelmét az Állandóság, Biztonság, Átmenet, és Helyreállítás (SSTR – Security, Stability, Transition, Reconstruction) figyelembevételével szervezi meg. A védelem megszervezésénél figyelembe veszi a rendelkezésre álló erőket, a technológiai lehetőségeket. Helyzetértékelése során nagyban támaszkodik a Tábor Védelmi Műveleti Központ – (BDOC – Base Defence Operations Center) által szolgáltatott adatokra és információkra.

### 3.1 Összesített veszélyforrások parancsnoki munkája

A veszélyforrások elleni sikeres biztonsági munka a bevezetett és megújuló rendszabályoktól függ. A csapatok felelőssége a biztonságért a kiképzettségen, a szervezetszervezésen és az ehhez szükséges felszerelések megfelelő alkalmazásától függ, amely közösen alkalmassá teszi az

<sup>6</sup> az Amerikai Védelmi Minisztérium 3000.05 direktívája alapján.

<sup>7</sup> Department of Defense – Amerikai Védelmi Miniszteri Hivatal.



erőket az I. és II. fokú fenyegetettség elleni tevékenységre, illetve a III. fokú veszélyeztettség elleni tevékenységre is.

A vezetés egysége segít legyőzni azokat a kihívásokat, amelyeket a különböző egységek, különböző vezetése, a különböző feladatok ellátása során generálnak. Ezen erők - alapfeladatok végrehajtása mellett – ki vannak jelölve a JCOB (Joint Contingency Operations Base - Összesített Veszélyforrások Műveleti Alapjai) FP feladatainak végrehajtására is.

A JCOB rangidős parancsnoknak biztosnak kell lennie abban, hogy a parancsnoki együttműködés a kellő időben, megfelelő prioritással, az egységek közötti feladatmegosztással került megszervezésre.

### 3.2 Alap (Tábor) Védelmi Műveleti Központ (BDOC)

A BDOC a parancsnoki munka alapvető eszköze (képesége) amely a JCOB előírásaira támaszkodva megalapozza a tábor védelmével kapcsolatos tevékenységeket, az FP-nek, és a biztonsági műveleteknek a főbb feladatait.

A fő JCOBs feladatok végrehajtása érdekében a kijelölt biztonsági erők a BDOC alárendeltségébe kerülnek és gondoskodnak az alapvető biztonság növeléséről a katonai táborokban.

A kisebb katonai táborok JCOBs- a az önvédelmen alapul. Minden esetben a táborban elhelyezett erők látják el a tábor fizikai védelmét.

A BDOC elsődleges feladata a parancsnoki munka harctámogatása, a védelem és a tűztámogatás. A BDOC magába foglalja a parancsnokság és a táborban ideiglenesen elhelyezett erők képviselőit is.

Többrendeltetésű egységek (multi-service units), többnemzetiségű egységek, a befogadó nemzet, nemzetközi ügynökségek szervezeti szintén részt vehetnek a BDOC munkájában.

### 3.3 Javaslat a BDOC összetételére

- Műveleti elem:
- BDOC főnök (parancsnok, Tábor Védelmi Erők parancsnoka);
  - hadműveleti beosztott;
  - vegyivédelmi tiszt;
  - műszaki tiszt;
  - katonai rendészet vagy biztonsági rendészet képviselője;
  - jogi szakértő.
- Hírszerző elem:
  - felderítő főnök;
  - hírszerző;
  - elhárító.
- Tűztámogató elem és Tűztámogató Koordinációs Központ
- Terület Kárellenőrző elem

- CIMIC elem
- Híradó központ
- Összekötő csoport
- RAOC/RTOC összekötő tiszt
- Befogadó nemzet képviselője
- Harcászati erők összekötő tisztje
- Felderítő- és elhárító összekötő tisztek

### 3.4 A parancsnok felelőssége

#### *JCOB parancsnok*

- felelős a tábor FP feladatainak végrehajtásáért és a biztonság fenntartásáért;
- begyakoroltatja az ideiglenes műveleti irányítás (OPCON) vagy a harcászati irányítás (TACON) feladatait az FP vonatkozásában a táborban elhelyezett, vagy átvonuló erők, illetve a különböző kiszolgáló állomány részére, amelyek a tábor területén tartózkodnak;
- gondoskodik a törzsvezetésről, a tábor harcászati védelmének megszervezéséről a tábor védelmi terv alapján.

#### *Az elhelyezésben részesült egység parancsnoka*

- részt vesz a tábor védelmi tervének elkészítésében;
- gondoskodik az egysége vezetéséről, az egysége számára kijelölt védelmi terepszakasz berendezéséről a tábor védelmi tervében foglaltak alapján;
- vezeti az egyes harcos és kötelékkiképzést a feladatokra történő felkészültség ellenőrzése céljából;
- felajánlja egysége speciális védelmi eszközeit, felszereléseit a védelem megerősítése céljából a tábor parancsnokának;
- gondoskodik egysége belső biztonságáról;
- gondoskodik a saját és a tábor kommunikációs vonalainak összehangolásáról.

#### *A biztonsági erők parancsnoka*

- Az Összesített Veszélyforrások Műveleti Alapjai szerint, mint a védelem első vonala tevékenykedik az ellenséges műveletek ellen, tájékoztatja a tábor parancsnokát.

## 4. A „FORCE PROTECTION” FELADATAI ÉS A VESZÉLYELEMZÉSEK RENDJE

Mint azt láthattuk, és ahogyan az a Force Protection fogalmából egyértelműen kiderül, a Force Protection feladatok végrehajtásának célja, hogy csökkenjen a személyi állomány, a technikai eszközök, a létesítmények és a vezetés-irányítási és informatikai rendszerek sérülékenysége, minden időszakban, bármely ellenséggel és fenyegetéssel szemben, és ezzel megőrizhető legyen a saját csapatok cselekvési szabadsága és műveleti hatékonysága.

### 4.1 Veszélyek elemzése (threat assessment)

A NATO előírásai közül az MC 161 szabályzat tartalmazza azon veszélyelemzéseket, amelyek egy adott Force Protection terv alapját biztosítják. A parancsnokságok és alárendelt alakulatok a rendelkezésre álló információk alapján végrehajtják a veszélyek elemzését és az érintett alakulatok kiértékelését. Ezen elemzéseket – a NATO hadszíntéri vezetés-irányítási és informatikai rendszerén keresztül - az összes alakulat számára hozzáférhetővé teszik.

### 4.2 Saját csapatok sebezhetőségének felmérése (vulnerability assessment - VA)

A táborok védelmi tervét az előljáró parancsnok hagyja jóvá. Ennek megfelelően – az előzőekben felsorolt tartalommal - minden szintű parancsnokság és törzs el kell, hogy készítse előljárója számára a saját csapatok tevékenysége során adódó átfogó, aktuális és várható sebezhetőségi és veszteségi felmérést. Az előljáró parancsnokok ennek megfelelően fogják „testre szabottan” meghatározni az adott egység vagy alegység összetételét, valamint a tábor védelmét biztosító erők összetételét.

### 4.3 Oltalmazó biztonság (protective security - PS)

A Force Protection alapköve. A hatékony PS célja, hogy visszatartó erőt jelentsen a terrorista és más bűnözői tevékenységekkel szemben, amelyek az adott parancsnokság, törzs, vagy egység ellen irányulnak az adott térségben. A PS három fő területet ölel fel:

(1) A J2 Force Protection tiszték szoros együttműködésben végzik feladataikat a magasabb parancsnokságok, törzsek és a hadosztályok felderítő és biztonsági tisztjeivel, hogy a PS tervek belekerüljenek a Force Protection tervekbe, valamint megfelelő szakmai útmutatást kapjanak a nem háborús körülmények között végrehajtandó gyakorlatok, illetve a háborús körülmények között végrehajtandó hadműveletek terveinek elkészítéséhez.

(2) Oltalmazó Biztonsági Tervek (Protective Security Assessments): minden parancsnokság, törzs és alárendelt alakulat köteles rendszeresen ellenőrizni az oltalmazó biztonsági rendszabályainak hatékonyságát, arra az adott készségi fokra, amelyben éppen van, illetve állandóan készen kell állnia, hogy a lehető legrövidebb időn belül végrehajtsa a következő készségi fokozat minden rendszabályát.

(3) Biztonság és egészségügyi biztosítás

a) Biztonság: a hiányosságok „gyógyításának szerepe”. A preventív rendszabályok révén biztosítani kell a saját erők megóvását bármilyen emberi-, felszerelésbeli-, vagy műveleti képességbeli veszteségtől, illetve csökkenéstől, ami többszintű, célirányos biztonsági eljárásorozat eredményeképp valósul meg. E feladatok mind a túlélési képesség megerősítését célozzák. A hadműveletek környezetére általában jellemző a helyi polgári törvénykikényszerítő és -végrehajtó („law enforcement”) hivatalos szervek jelenlétének a

hiánya, ami gerjesztőleg hat a balesetek és incidensek bekövetkezésére. Ez igen változatos, jórészt nem tipikusan katonai jellegű feladatokat ró a parancsnokokra, valamint rákényszeríti őket, hogy saját beosztottaik felé ők is hasonló, fokozott elvárásokkal éljenek. Elengedhetetlenül fontos, hogy megőrizzük saját harcértékünket, amelyet balesetek és egyéb incidensek nem csökkenthetnek.

b) Egészségügyi veszélyek: ezek a személyi állományt főleg étel- és vízmérgezések, helyileg állandóan jelenlevő betegségek, vagy állatok, rovarok terjesztette, levegőben, illetve nemi úton terjedő fertőzések formájában fenyegetik, amelyekre minden Force Protection tervben fel kell készülni.

#### 4.4 Válsághelyzeti reagálás és a következmények kezelése

Minden érintett egység számára elengedhetetlenül fontos a feladatának folytatásához, illetve az esetleges következmények felszámolásához. E feladat végrehajtása biztosítja a kötelékek bármely incidensre és válsághelyzetre való, azonnali reagáló képességét. Minden létesítmény teendőit, illetve tevékenységét rendszeresen gyakoroltatni kell. E feladat elsősorban a J2 tevékenységeinek folyamatos végrehajtását feltételezi, szoros együttműködésben az egyes szövetséges és partner nemzetek nemzetbiztonsági szolgálataival. Az együttműködés konkrét formáját a NATO az egyes nemzetekkel együttműködésben, azok igényeinek és lehetőségeinek megfelelően, külön-külön alakítja ki, így az változatos formájú lehet. Az együttműködés hadszíntéri parancsnokságok esetében jellemzően a NIC-eken<sup>8</sup> keresztül valósul meg, míg regionális parancsnokságok esetében lehetséges NIC-eken, összekötő tiszteken keresztül, közvetlenül a NATO kommunikációs rendszerein (BICES, CRONOS), illetve egyéb formában.

## 5. A FELDERÍTŐ SZERVEK FELADATAI

A Force Protection feladatok és a Force Protection tervekben rögzített tevékenységek végrehajtásának alapja a folyamatosan végzett, jól szervezett, az adatokat összegző, abból következtetéseket levonó, az adatokat időben szolgáltató felderítő- és elhárító rendszer(ek) működtetése.

A magasabb parancsnokságok (a NATO Utasítás értelmében: hadosztálytól felfelé) felderítő szolgálata (J2) felelős az együttműködés megszervezéséért, a helyzetelemzésért, az adatok továbbításáért a saját szolgálati útjukon, együttműködésben az alárendelt parancsnokságok törzseivel, a nemzeti felderítő szervekkel és a SHAPE felderítő szervével. Az összehangolt tevékenység eredményeképpen az elsőbbséggel rendelkező felderítési követelmények prioritással indulnak útba, a szövetséges hadműveleti- és hadászati szintű parancsnokságoktól, ami feltételezi más katonai és polgári nemzetbiztonsági szolgálatok együttműködését is. A

---

<sup>8</sup> A NIC olyan önálló, nemzeti katonai elem, (a hangsúly az önállóságon van) amely egy adott művelet valamely J szintű parancsnoksága mellé rendelve, földrajzilag is ott elhelyezve, a J2X-el szorosan együttműködve hajtja végre nemzeti felderítési feladatait, más szóval összekötő kapcsolatot képez a nemzeti, illetve a szövetséges, vagy koalíciós felderítő struktúrák között. A NIC-ek a nemzeti felajánlás részét képezik. Nem arról van csak ugyanis szó, hogy 2–3 főt delegálunk az adott törzs mellé, hanem egyfajta hozzáférést biztosítunk a műveleti parancsnokság számára a nemzeti hírszerző vertikumunk képességéhez, hiszen a műveleti parancsnokság a NIC-eken keresztül közvetlen információ igénytel fordulhat a nemzeti hírszerző szolgálatokhoz, elemzéseket, kockázatelemzést kérhet stb. Forrás: Tóth András: A válságreagáló műveletek felderítő támogatásának néhány tapasztalata. <https://olibox.zmne.hu/cgi.../w207m.bat> (20102. 12. 03.)

felderítés célja, hogy biztosítsa a parancsnokok megfelelő előrelátását, tájékoztassa őket az aktuális veszélyeztetettségi szintről a konfliktus teljes vertikumán keresztül, különös tekintettel a hadszíntéri terrorista tevékenységre. Mindez az alábbi feladatok végrehajtását öleli fel:

a) A terrorista tevékenységre utaló jelzések és információk vétele

A terrorista tevékenységre való figyelmeztetést és információkat a NATO elsősorban a szövetséges nemzeti felderítő- és biztonsági szervektől és a befogadó nemzetek biztonsági szolgálataitól kaphatja. Információk érkezhettek még a helyi biztonsági, vagy közbiztonsági erőktől, illetve a szövetséges hírszerző alakulatoktól (ahol vannak). Természetesen egy adott NATO parancsnokság közvetlenül is kaphat jelzéseket, fenyegetés vagy figyelmeztetés formájában a terrorista szervezetektől.

b) A fenyegetettség vizsgálata

A NATO parancsnokságok felderítő törzse információgyűjtő (nem információszerző!) és elemző tevékenysége során vizsgálja a fenyegetéseket és a fenyegetettségi szinteket, más katonai és polgári nemzetbiztonsági szolgálatok és szervek bevonásával, beleértve a nyílt forrásokat is, például a médiát. E tevékenység eredménye a terrorista fenyegetettség szintjének megállapítása, behatárolva, hogy az egyén-, csoport- vagy nemzet ellen irányul, NATO vagyontárgyat fenyeget-e, érint-e NATO tagokat vagy olyan területeket, amelyek NATO fennhatóság alá tartoznak. A kiértékelési eljárás egyes nemzeti nemzetbiztonsági szolgálatok, illetve vezérkar J2 igazgatóságok esetében eltérhet a NATO eljárástól, de nagy vonalakban meg kell egyeznie a felvázoltakkal.

c) Az információk továbbítása

Habár a terrorizmussal kapcsolatos nemzetbiztonsági információk nagytöbbsége a SHAPE-re érkezik, a regionális szerveknek is gondoskodni kell a terrorista fenyegetettséggel kapcsolatos információk összegyűjtéséről, továbbításáról, nem csak az előljáró felé, hanem az alárendelt és együttműködő parancsnokságok felé is. A J2 részlegnek gondoskodnia kell a szolgálati út és a tájékoztatási rendszer szabályainak betartásáról, hogy a hírszerzési felelőségi körzeteken belül tiszta helyzet alakuljon ki. A legnagyobb hatékonyság érdekében nem csak a NATO elemeit, de a befogadó nemzetek nemzetbiztonsági szolgálatait is célszerű bevonni a folyamatba, a felderítési adatok hitelességének lehető legjobb megállapítása céljából. A továbbítás során az alábbi szempontok élveznek elsőbbséget:

- időszerűség;
- felhasználhatóság;
- érthetőség;
- lényegre törés;
- egységesítés (szabványosítás);
- kiértékeltség;
- sürgősség;
- elosztás;
- rendszeresség;
- biztonság.



A katonai nemzetbiztonsági szolgálatok, valamint a hadszíntéri J2 szervezet feladata a korai figyelmeztetés és riasztás, hogy a parancsnokok képesek legyenek a megfelelő készségi fok elrendelésére. A szolgálatok tevékenysége elkülönül a többi támogató parancsnokság és más hadműveleti szolgálatok tevékenységétől. Mind a hírszerzés (intelligence), mind az elhárítás (counter intelligence) tevékenysége folyamatos a konfliktus teljes időtartama alatt, sőt nem mellőzhető a művelet kezdetét megelőzően sem, mert a potenciális ellenfél keresi a lehetőséget a NATO csapatok beavatkozásának megakadályozására.

Az adatok továbbítása a felderítő támogatás legkritikusabb eleme, mivel egyszerre kell megfelelni a titkosság (rejtettség) és az időszerűség követelményeinek. Az információk továbbítása a „Hadszíntér Tájékoztatási Rendszeren” (Threat Dissemination System - TDS) keresztül, az alábbi lépések során valósul meg:

- az információ feldolgozása az AJP 2.2 utasításai alapján;
- a speciális a hadszíntéri terrorista vonatkozású információk elkülönítése, megjelölve a célobjektumokat vagy személyeket, illetve a potenciális elkövetőket;
- a parancsnokság és a kijelölt egységek a TDS-t mint a leggyorsabban rendelkezésre álló speciális eszközt kötelesek használni. A NATO elvárása, hogy az információ megszerzője 30 percen belül minden érintetthez el tudja juttatni egy-egy felelősségi körzeten belül a terrorista fenyegetettségre vonatkozó információt;
- a TDS-hez kapcsolódó követelmény, hogy a terror fenyegetettséget ismertető tájékoztatót vegyen részt a harcvezetési központ (parancsnokság, törzs), a felderítő szolgálat (J2) és minden olyan érintett szervezet képviselője, amelyek megszerzik, továbbítják, vagy megkaphatják a fenyegetettségre vonatkozó információkat, az alábbiak szerint:
- 30 percen belül kapcsolat felvétele a potenciális terrortámadás célobjektuma ügyeletes tisztjével. A kapcsolatfelvétel elsődleges eszköze a titkosított telefonvonal. Amennyiben a titkosított (biztonságos) telefonvonalon az információ továbbítása nem lehetséges, akkor azt rejtjelző eszköz alkalmazásával, nyílt vonalon kell továbbítani.

A küldő minden rendelkezésre álló információt megad az alábbi formában:

„Ez nem gyakorlat! Ez valószínű terroristafenyegetettségre történő figyelmeztetés.”	KÖTELEZŐ
A hívó nemzetisége, szervezete, az egység telefonszáma.	KÖTELEZŐ
Információval rendelkezünk arról, hogy terroristatámadás fog bekövetkezni (terület vagy személyek) ellen.	KÖTELEZŐ
A terroristatámadás várható időpontja (dátum, idő).	KÖTELEZŐ
A terroristatámadás a (támadó személye, nemzetisége) részéről fog bekövetkezni.	HA ISMERT
A terrorista az alábbiakat fogja használni (a fegyver típusa, az elkövetés módja)	HA ISMERT
A támadás azért következik be, mert (a támadás indítéka)	HA ISMERT
Az információ eredete (az információ forrásának általános leírása, a forrás lehetősége és megbízhatósága).	Ha az adatszolgáltató zártvonalon továbbítja az információt.

Az értesítést követően végre kell hajtani a fenyegetettség kiértékelését, mely az alábbi módszerekkel történik:

## Elemzés

A fenyegetettség analízise a legkritikusabb része a kiértékelési eljárásnak, mely közvetlen kihatással van a Force Protection készültségi szint és a magasabb harckészültségi fokozat meghatározására. Jelenleg a NATO nem rendelkezik olyan rendszerrel, amellyel meghatározható a terrorista fenyegetettség szintje. Általánosságban az „alacsony/közepes/magas” terminus kerül alkalmazásra, de ez nem elegendő a fenyegetettség pontos meghatározásához, ugyanakkor ez az elfogadott eljárás mindkét szövetséges régióban. Ez az eljárás nem különíti el a terrorista fenyegetettséget a szervezett bűnözés más formáitól.

Hat faktor kerül figyelembe vételre a terrorista fenyegetettségre vonatkozó adatok összegyűjtése és elemzése során. Ezek a tényezők az egyes országok közötti megállapodásokon alapulnak.

**MEGLÉT:** egy terrorista csoport jelen van, vagy képes megjelenni egy adott országban, vagy régióban;

**KÉPESSÉG:** a potenciális elkövető megszerzett, megállapított vagy feltételezett képessége elvezethet-e a merényletbe;

**SZÁNDÉK:** meg van-e a NATO, vagy NATO tagállam ellen tervezett vagy feltételezett terrorista tevékenység elkövetésére vonatkozó szándék, akarat, amely bármilyen támadáshoz vezethet;

**TÖRTÉNET:** bemutatja a korábbi időszak terrorista tevékenységét;

**CÉLPONT KERESÉS:** időbeli, megbízható információk a készülő terrortámadások lehetséges célpontjairól;

**KÖRNYEZETI BIZTONSÁG:** a belső politikai és biztonsági konszolidáció milyen hatással van a terroristák lehetőségeire és tevékenységük elemeire, korlátozzák-e képességeiket.

## ÖSSZEGZÉS

Jelen cikk nem a teljesség igényével került összeállításra. Céлом az volt, hogy bemutassam a katonai táborok védelmével kapcsolatos előírásokat és eljárásokat, különös tekintettel a parancsnoki munka végrehajtására és a „Force Protection” feladatok megvalósulására.

A tervezési követelmények, a veszélyelemzések, a válsághelyzetre történő reagálás feladatainak felvillantásával kívántam érzékeltetni, hogy a katonai táborok védelmének tervezése bonyolult, összetett összefegyvernemi feladat, melyben a katonai nemzetbiztonsági szolgálatok és a szövetséges parancsnokságok felderítő részlegeinek összehangolt tevékenysége kiemelt jelentőséggel bír.

A műveleti előírások – nagyléptékű – szemléltetése csak az első lépés a katonai (a békeműveletekben résztvevő erők számára berendezett és fenntartott) táborok fizikai védelmével kapcsolatos tevékenységek sorában. Kutatási eredményeimet, személyes tapasztalataimat felhasználva a cikksorozat további részeiben a táborok fizikai védelmével kapcsolatos előírásokat és azok gyakorlati megvalósulását mutatom be.

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.”

## A FELHASZNÁLT IRODALOM JEGYZÉKE

### TANULMÁNYOK:

1. Dr. Kovács Tibor mk. alezredes: A Magyar Műszaki Kontingens, ahogy én látom, I. kötet. (Budapest, 2000.)
2. Dr. Kovács Tibor mk. alezredes: A Magyar Műszaki Kontingens, ahogy én látom, II. kötet. (Budapest, 2000.)
3. Kovács Tibor: A túlélőképesség fokozásának műszaki feladatai. Hadtudomány 2004/1. (ISSN 1215-4121)
4. Dr. Kovács Tibor mk. alezredes – Talián István őrnagy: A „Force Protection” és a katonai nemzetbiztonsági szolgálatok tevékenysége. Felderítő Szemle III. évfolyam 1. szám, 2004. március. (ISSN 1588-242X)

### INTERNET HONLAPOK:

1. „Force Protection in the future” - <http://library.northernlight.com>
2. „Force Protection disparities” -<http://www.cgsc.army.mil>
3. „Force Protection: key to Army XXI plan - <http://www.dtic.mil/armylink/news>
4. „Force Protection: antiterrorism, 1997., US Army Training and Doctrine Command - <http://ftp.fas.org/irp/doddir/army>
5. Joint Forces Staff College Library (szabályzatok és kiadványok gyűjteménye) [http://www.jfsc.udu.cdu/library/bibliography/Force Protectionrotect.htm](http://www.jfsc.udu.cdu/library/bibliography/Force%20Protectionrotect.htm).
6. A katonai tábor [www.wikipedia.org/Wiki/Limes](http://www.wikipedia.org/Wiki/Limes) (2012-11-12)
7. Tóth András: A válságreagáló műveletek felderítő támogatásának néhány tapasztalata. <https://olibox.zmne.hu/cgi.../w207m.bat> (20102. 12. 03.)
8. Varga Péter Horváth László: A minősített időszakok definiálása, alapvető szabályai, valamint szabályozásának főbb indokai.[http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle2009/3/06\\_vargapeter2.pdf](http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle2009/3/06_vargapeter2.pdf) (2012. 12. 02.)

### NATO SZABÁLYZAT:

1. MC 400/2. „A túlélési képesség és a Force Protection” utasítás
2. GTI 90-01-010 JOINT CONTINGENCY OPERATIONS BASE (JCOB) FORCE PROTECTION HANDBOOK (1 March 2009)

Hegedűs Katalin<sup>1</sup>

## A ROBBANÓANYAGOK TÖMEG SPEKTROMETRIÁVAL TÖRTÉNŐ FELDERÍTÉSE ÉS ANALÍZISE<sup>2</sup>

### **Absztrakt:**

*Dolgozatom tárgyát az ámbra vizsgálata képezi, amely a TNT egyik izomerje. A kérdés, melyre írásomban keresem a választ, hogy megelőzhető-e a szabotázs ezzel a vegyülettel a kritikus infrastruktúra védelme során.*

*A választ a tömegspektroszkópos vizsgálatok, és az ehhez kapcsolódó elválasztási eljárások adják. A kromatográfia elvén működő mérőberendezések alapvetően kémiai vegyületek elválasztására fejlesztettek ki, de a vizsgálandó komponensre specifikus detektálási rendszerrel kiegészítve hatékony azonosítási eljárás jöhet létre. A spektrometriával több direkt információt kapunk a robbanóanyag molekula szerkezetéről, ezért szerkezetazonosító módszerként alkalmazható.*

*Ezen módszeren alapuló vizsgálatok eredményeivel kívánom alátámasztani, esetleg megcáfolni a kritikus infrastruktúra védelme során szabotázs kivitelezhetőségét.*

*Leendő had-és biztonságtechnikai mérnökként fontosnak találok, hogy a lehetséges veszélyforrásokat felfedjük, és a rendelkezésre álló módszerekkel ezeket kellő módon megelőzzük, észleljük, és elhárítsuk.*

**Kulcsszavak:** ámbra, tömegspektrometria, szabotázs, ESI, APCI

*The subject of my thesis is the examination of the musk ambrette, which is one of the isomers of TNT. The question which I intend to answer in my thesis is whether sabotage may be prevented by using this compound.*

*The answer is given by the mass spectroscopy examinations and the related separation procedures. The measuring devices operating based on the principle of chromatography are basically developed for the separation of chemical compounds however by supplementing with a detection system specific for the component to be examined an efficient identification procedure may be established. By means of spectrometry, more direct information may be obtained from the structure of the explosive molecule.*

*I intend to support or refute the feasibility of the sabotage by using the results of the examinations based on this method.*

*As a future Engineer of Military and Security Technique, I consider important to detect the possible hazard sources, as well as to prevent, perceive and eliminate these in the proper way by means of the available methods.*

**Kulcsszavak:** musk ambrette, mass spectrometry, MS/MS ,

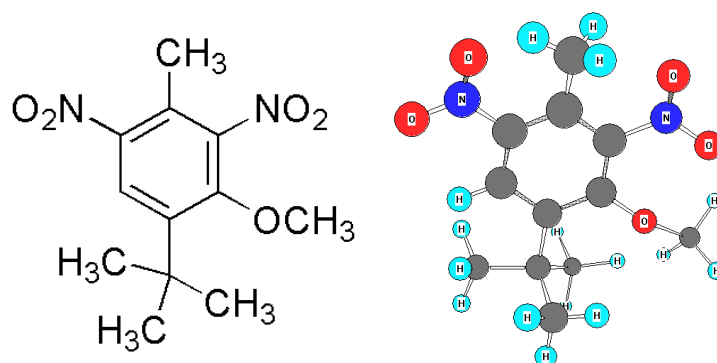
---

<sup>1</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem , Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar , Had- és biztonságtechnikai mérnöki szak, [tamas.fenyeres@gmail.com](mailto:tamas.fenyeres@gmail.com) [kateyh@freemail.hu](mailto:kateyh@freemail.hu)

<sup>2</sup> Az NKE HHK 2012. évi, őszi Intézményi Tudományos Diákköri Konferenciáján 3. díjat elnyerő dolgozat szerkesztett változata. Konzulensek: Fenyeres Tamás és dr. Lukács László

# 1. BEVEZETÉS

Ha egy-egy repülőtéren kapun olyan kozmetikummal mennek keresztül, mely tartalmaz ámbrát, azt a kapu robbanóanyagként detektálja. Ennek az az oka, hogy az ámbra hasonló szerkezeti-, és összegképletű, mint a TNT. Ilyen kozmetikumoknak a többszöri használata a reptéri biztonsági személyzet figyelmét gyengíti, „szabotálja”, mely esetlegesen a tényleges robbanóanyag, TNT használatát, repülőgépre való feljuttatását eredményezheti. Ilyen szabotázs kísérletére volt példa 1986-ban Izraelben, ahol a repülőtéren ezzel a kozmetikummal próbálták a biztonsági személyzet figyelmét elterelni, és kizárólag a személyzet éberségén múlt, hogy nem következett el terrorcselekmény. Ezért kezdtem ezzel a témával foglalkozni, hogy milyen detektálási eszköz, beléptetési kapu alkalmas a két vegyület, ill. ilyen hasonló vegyület csoportok, biztonságos megkülönböztetésére.



1. ábra: „Musk Ambrette” 1-dimetil 2-metoxi 4-metil benzol nitrát

Robbanóanyag felderítésre az élet különböző területein szükség van: napjainkban még humanitárius aknamentesítéskor, vagy épp a tömegközlekedést szolgáló járművön (repülő, hajók, autóbuszok) az utazók védelme érdekében tett preventív eljárások alkalmával.

A robbanóanyag nem csak önmagában veszélyes, hanem ez a veszélyforrás kihat a közvetlen környezetére is: kémiai vonatkozásban, amíg előállítják, mint laboratóriumi veszélyforrás, előállítást követően, mint környezeti veszélyforrás.

- Környezetvédelmi szempontból, a régi fel nem használt robbanóanyagok, a próbarobbantásokkor, illetve a gyártás során a talajba, környező élővizekbe szennyeződésként bekerülnek. Ennek súlyos egészségkárosító hatása van, ezért fontos a folyamatos mérés, nyomon követés, felderítés.
- A régi, háború sújtotta övezetekben jelentős problémákat okoz a fel nem robbant aknák (taposóaknák), robbanóanyagok jelenléte. Ezen területek tehermentesítése kapcsán is komoly szerep jut a felderítésre.
- A fegyveres és rendvédelmi szervek, illetve a civil biztonságtechnikai cégek esetében fontos kiszűrni annak a lehetőségét, hogy esetleg egy tüntetés kapcsán a két ellentétben álló fél ezeket ne tudja egymás ellen felhasználni, sem mint megfélemlítő eszközt, sem mint pusztítót. Ehhez kapcsolódik a következő lehetséges felhasználási terület is:
- Kriminálisztikai vizsgálatok végzésekor a robbanóanyagokkal elkövetett különböző bűncselekmények kivizsgálásakor is szükség van analitikai mérésekre.



Manapság gyakran lehet hallani a médiában robbantásos bűncselekményekről, terrorizmusról, mely korunk sajátos bünelkövetési eszközévé vált e bűnözői csoportok céljai eléréséhez (2001: New York, Ikertornyok, 2005: London, Metrós merénylet, 2010: Moszkva, terrortámadás a Metróban, 2011: Moszkva, Domogyedovo-i repülőtéri terrortámadás). Ezzel a ténnyel függ össze a robbanóanyaggal elkövetett bűncselekmények számának emelkedése.

Terrorcselekmény elkövetésének legfontosabb lépései:

- *A terrorcselekmény előkészítése, kitervelése.*
- *A robbantás helyszínének kiválasztása.*  
(A biztonsági erők által kialakított protokollban szereplő biztonsági réseket használják ki. - 2011. január 24. A domogyedovói repülőtéren történt véres merénylet: Három merénylet, a helyszínt biztosította, és a robbanószerkezetet szállította a repülőtér kevésbé ellenőrzött csomagszállító szalagjához. Az öngyilkos merénylet a repülőgépről szállt le robbanószer nélkül. A robbantás helye az a helyiség, ahol az utasok a poggyászaikat vették magukhoz. A terroristák célja nem az építmény károsítása, hanem a nagyobb tömeget vonzó helyiségben, nagyszámú személyi sérülés okozása volt.)
- *A robbanóeszköz elkészítése.*  
(figyelembe véve, a robbanás helyét, ill. a célszemélyek számát, vagy objektum méreteit.)
- *A terrorcselekmény elkövetése.*  
(Cél: A lehető legnagyobb pusztítás végrehajtása elsősorban a lehető legnagyobb számú személy megsemmisítése, ill. épületben anyagi kár okozása.)
- *A tettestársak a terrorcselekményt dokumentálják, majd elhagyják a helyszínt.*

Az utóbbi időben ezen okok miatt vált szükségessé az eddigieknél hatékonyabb, kreatívabb ötleteken alapuló, robbanóanyagokat detektáló eszközök, és az ebből kialakított rendszerek létrehozása, és alkalmazása. A tudomány folyamatos fejlődése révén jelenleg már rendelkezésre állnak olyan modern, nagy hatékonyságú eljárások és módszerek, amelyekkel a robbanóanyagból (maradványból) nyert minta alapján az azonosításuk megoldhatóvá válik. Ezek a módszerek folyamatosan bővülnek, javulnak az éppen felmerülő problémákhoz igazodva.

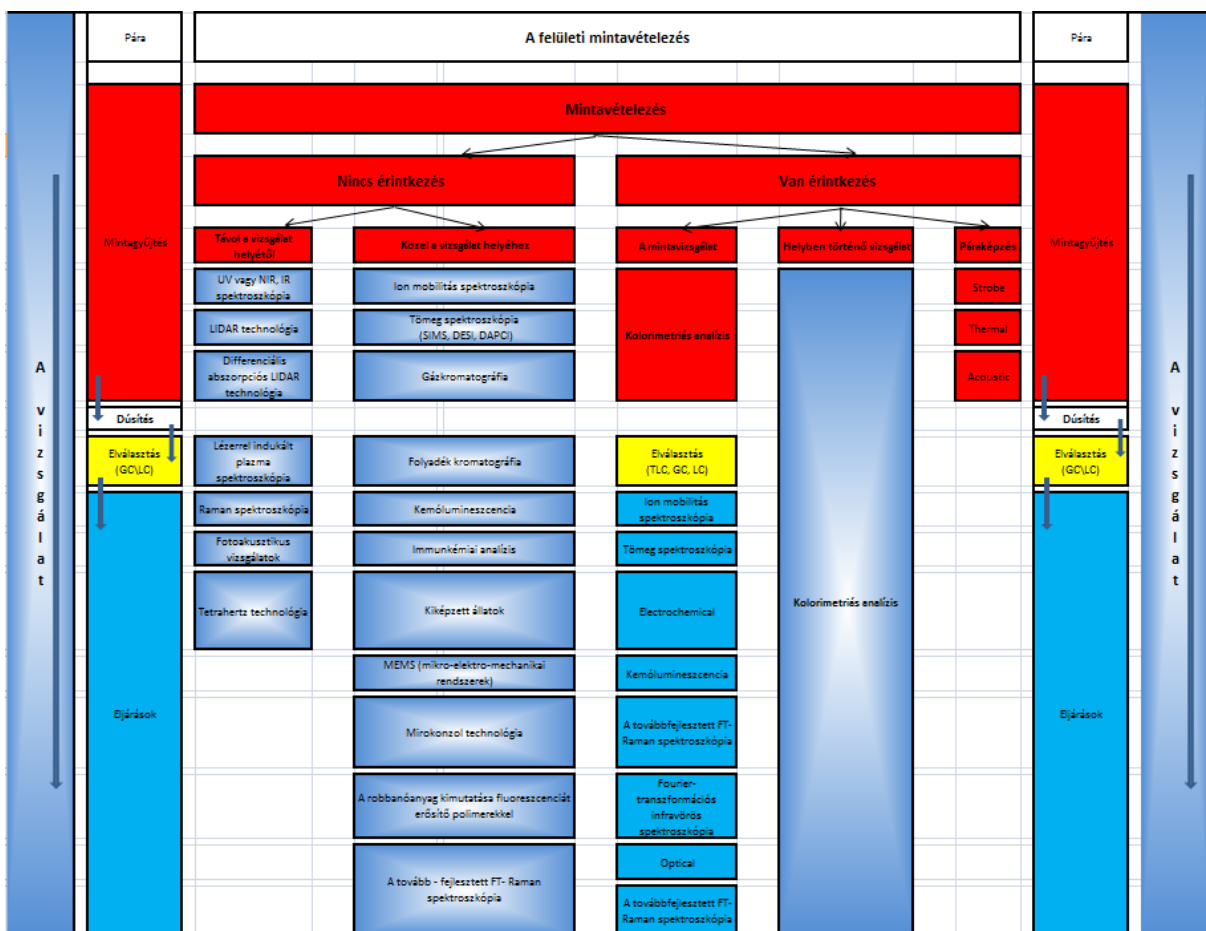
Tanulmányomban olyan analitikai vizsgálati módszereket kívánok bemutatni, melyekkel, reményeim szerint a robbanóanyaggal érintkezett felületeken, a robbanóanyag nyomok azonosítása, a rejtett robbanóanyagok jelenléte kimutatható, és a veszélytelen vegyületek beazonosítása megoldható. Korábbi kémiai tanulmányaimat felelevenítve jutottam el az alábbi megállapításokig.

- A kromatográfia elvén működő mérőberendezések használata a laboratóriumi módszerrel végzett szerves vegyület azonosítás terén ma már hétköznapi eljárásnak számít. Alapvetően kémiai vegyületek elválasztására lett kifejlesztve, de a vizsgálandó komponensre specifikus detektálási rendszerrel kiegészítve hatékony azonosítási módszer jöhet létre. Pl.: gázkromatográf (GC), nagynyomású-kromatográf (HPLC), vékonyréteg-kromatográf (TLC).
- Spektrometriás eljárással közvetlenebb információkat kapunk a robbanóanyag molekula, vagy más vegyület szerkezetéről. Emiatt szükségszerű a szerkezetazonosító módszerként történő alkalmazásuk. Pl.: tömegspektroszkóp (MS). Ennek a módszernek az előnye, a kevésbé korszerű röntgentechnológiával (RTG) szemben, hogy nincs sugárzás a minta vizsgálata közben. Negatívumként az árat emelném ki, mely igen meghatározó az eszközhasználatnál.

A két fentebb említett technika esetén kivédhetetlen, hogy a vizsgálati anyagok ne legyenek szennyezettek. A gyakorlatban, mintavételezéskor a robbanóanyagok, és egyéb szennyezők keverékével kell a vizsgálatot elvégezni, ezért a komponensek szétválasztása még a spektroszkópiás analízis előtt szükséges. Erre leghatékonyabb, a GC-MS analízis.

A rejtett robbanóanyagok helyszíni felderítése nem laboratóriumi körülmények között, hanem a felderített helyen történik. Komoly elvárás, hogy olyan érzékeny, mobilis eszközök álljanak rendelkezésre, amelyekkel a helyi adottságok mellett is elvégezhetőek legyenek a mérések. Robbantás utáni, helyszínen alkalmazható mobil detektorokkal felderíthetőek az el nem robbantott robbanóanyag maradványok, így az anyagmaradványból közvetlenül gyűjthető minta. Az így nyert mintából, további laboratóriumi vizsgálatok alkalmazásával meghatározható az eredeti robbanóanyag kémiai szerkezete.

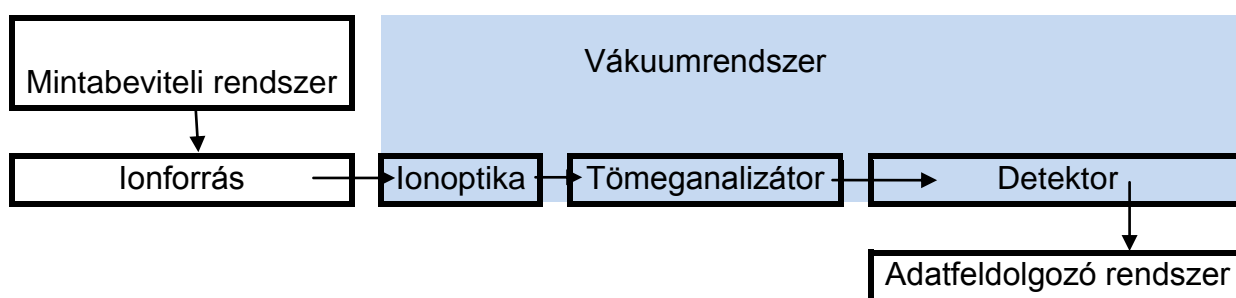
A robbanóanyag detektorokat legfőképpen a terrorista cselekményeknek leginkább kitett területek ellenőrzésére fejlesztették ki, és alkalmazzák repülőterek beléptető-, poggyászellenőrző-, illetve országhatárokon, kormányépületek adott pontjain. Ezek a detektorok a laboratóriumi gyakorlatban elterjedt eszközök és módszerek (gázkromatográfia, ionmobilitás-spektrometria) kicsinyített, hordozható változatai, melyek elterjedt alkalmazásával megakadályozható, visszaszorítható az elkövethető bűncselekmények száma. Ezekben az esetekben a robbanóanyag jelenléte, vagy nyomainak érzékelése a legfőbb szempont!



1. ábra: Felhasználás centrikus csoportosítás

A robbanóanyagok felderítésében, és analizálásában a tömeg spektroszkópia rutinszerű eljárássá vált napjainkra. A tömeg spektrometriával összetett elegyek minőségi és mennyiségi elemzése rövid idő alatt (20-30 sec.) elvégezhető, és igen kis mennyiségű alkotók (10-15-10-21 g) kimutatathatók. Ezzel a vizsgálati módszerre, ionos részecskéket választunk el fajlagos tömegük ( $m/z$ ) szerint vákuumban, elektromos, vagy mágneses mezők segítségével.

A tömeg spektrométer olyan berendezés, melyben semleges részecskékből (molekulákból, atomokból) ionokat állítunk elő, majd ezeket az ionokat elektromágneses terek segítségével tömeg/töltés arányuk szerint elválasztjuk. A tömeg spektrométer blokkvázlata az 3. ábrán látható. Az ionforrásban a vizsgálandó molekulákból/atomokból valamilyen gerjesztő energia (kinetikus, fény, elektromos, kémiai, stb.) segítségével ionokat hozunk létre. Az ionoptika biztosítja azt, hogy ezek az ionok lehetőleg azonos kinetikus energiával, egy nyalábban mozgatva bejussanak az analizátorba. A tömeganalizátor válogatja szét őket tömeg/töltés hányadosuk ( $m/z$ ) alapján. Az elválasztott ionok intenzitását pedig a detektor méri, s így egy ionáram intenzitás - fajlagos tömeg függvénykapcsolathoz, az úgynevezett tömegspektrumhoz jutunk. Ahogy az 3. ábrán is látszik a tömeg spektrométer jelentős részében légritkított tér (ún. vákuum) van, viszont vannak olyan ionforrás-típusok, melyekben légköri nyomáson történik az ionizáció. A mintabevitel módját az alkalmazott ionizációs módszer, az analizátor típusa, de mindenképp a vizsgálandó minta tulajdonságai határozzák meg.



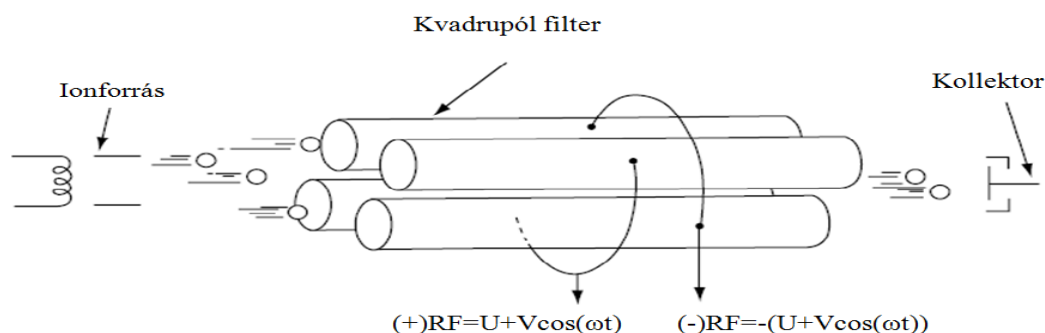
2. ábra -A tömeg spektrométer blokkvázlata  
[Budó Ágoston - Kísérleti Fizika IV. 72.oldal]

A tömeganalizátor működése alapján, a gyakorlatban a kvadrupól analizátor (Q), és az ioncsapda analizátor (Ion Trap, IT) használatos. Ez a két fajta analizátor a többi ilyen eleven működő eszközhöz viszonyítva viszonylag alacsony tömegű, ami a hordozható eszközök esetén 15 kg alatt van.

Egy *kvadrupól tömeganalizátor* négy párhuzamosan elhelyezkedő, elektromosan vezető fémrúdból áll, mint azt a 4. ábrán láthatjuk. A rudakra egyen- és váltófeszültséget is kapcsolunk úgy, hogy, az átlósan egymással szemben elhelyezkedő elektródok potenciálja  $(+)RF = U + V \cos(\omega t)$ , és az egymás melletti rudak potenciálja ellentétes előjelű, azaz  $(-)RF = -(U + V \cos(\omega t))$ , ha az  $U$  az egyenáramú feszültségértéket, míg a  $V \cos(\omega t)$  váltóáramú feszültség érték. A gyorsító feszültség határozza meg az ion, rudak közti térrészben lévő, pályáját. A meghatározott egyenáram és váltakozó feszültség hatására csak a kiválasztott fajlagos tömegű ionok jutnak át az analizátoron. Az összes többi ion – a kisebbek és a nagyobbak is – a rudakba ütközve semlegesítődnek. Két módszert különböztethetünk meg:

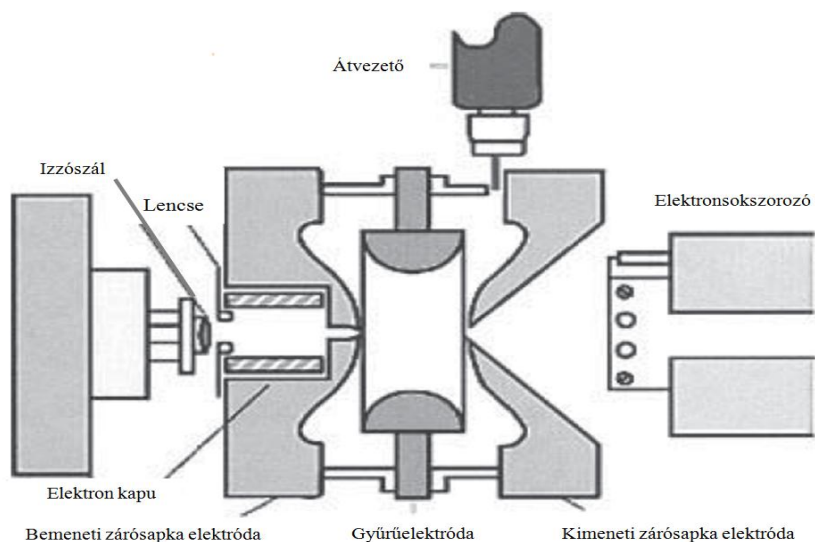
- frekvenciát ( $\omega$ ) változtatjuk miközben  $U$  és  $V$  állandó,
- vagy az  $U$ -t változtatjuk miközben  $U / V$  hányados az állandó.

Az ilyen berendezések relatíve egyszerűek, könnyen vezérelhetőek, gyorsak, bármilyen ionforrással vagy elválasztástechnikai eszközzel kombinálhatóak.



3. ábra- A kvadrupól analízátor  
[Budó Ágoston - Kísérleti Fizika IV. 85. oldal]

Az ion csapda tömeg analízátor (5. ábra) [1] két lezáró „sapka” között elhelyezett három hengeresen szimmetrikus elektródból áll, az utóbbiakat RF váltakozó feszültségen tartjuk. A gyűrű elektródák hiperbolikus felületűek, és ugyanúgy, mint a kvadrupólus analízátornál itt is egyen- és váltófeszültséget kapcsolunk rájuk. A csapdázást követően, változtatjuk a kvadrupólus teret, mely hatására az ionok növekvő  $m/z$  arány sorrendben kilépnek az analízátorból. Az ionok között a csapdában tasztító kölcsönhatások is érvényesülhetnek, egymás erőterében eltérülhetnek. Ezek a tértöltés effektusok jelentősen befolyásolják az ioncsapda dinamikus tartományát. Az ilyen jellegű, koncentrációfüggő kölcsönhatások csökkenthetőek, ha a csapdába He gázt vezetünk; javul a készülék érzékenysége és a felbontás is.



4. ábra - Ioncsapda analízátor  
[<http://www.wpi.biz/initatives / 2002 / 20020903.asp>.] Varian, Inc. engedélyével

Az ioncsapda analízátor alkalmazásának talán leglényegesebb előnye a tandem tömegspektrometria (MS/MS és  $MS^n$  kísérletek) 6. ábra, többszörös tömeganalízis lehetősége. A csapda képes adott  $m/z$  értékű ionokat tárolni, ezek az ún. anyaionok vagy prekurzorionok.

A csapdázást követően az ionok energiáját szabályozott körülmények között növeljük, ami azt eredményezi, hogy a csapdában lévő, He atomokkal való ütközések az ionok disszociációjához, fragmentálódásához vezetnek, a képződő termékionokat (ún. leányionokat) detektálva  $MS^2$  (vagy másképp MS/MS) spektrumhoz jutunk. Természetesen ezt a folyamatot a képződő leányionok egyedi izolálásával, majd azok bomlás termékeinek vizsgálatával tovább folytathatjuk ( $MS^n$ , n akár 10 is lehet elvileg). Reakciócsatornák nyomon követésével (selected/multiple reaction monitoring: SRM vagy MRM) növelhető az MS módszer szelektivitása és érzékenysége. A módszer lényege, hogy szelektíven csak az adott vegyületre jellemző egy vagy több diagnosztikus fragmension(ok) intenzitását mérjük.

Az ionscapda előnyei a kvadrupól analízátorral szemben: nagyobb érzékenység, gyorsabb pásztázási sebesség, szélesebb tömegtartomány, nagyobb tömegfelbontás,  $MS^n$  mérési lehetőség. Hátránya a gyengébb kvantitatív meghatározási lehetőség elsősorban a minta mennyiségétől függő effektusok miatt.

<b>Bemeneti rendszer A minta bevétele</b>	<b>Ion forrás A minta ionizációja</b>
	<b>Az elsődleges tömeg analízis Elsődleges tömeg elválasztás</b>
<b>A gáz ütközéses bevezetése</b>	<b>A cellás ütközés A kiválasztott ion CID</b>
	<b>Másodlagos tömeg analízis Daughter-ion tömeg analízise</b>
	<b>Érzékelő és adatkezelő rendszer A daughter-ionok tömegspektruma</b>

5. ábra - A tandem tömegspektrométer (MS/MS) blokkdiagramja  
[Budó Ágoston - Kísérleti Fizika IV. 95.oldal]

## 2. A ROBBANÓANYAGOK ANALÍZISE

A robbanóanyag felderítésnek rendkívül fontos helye és szerepe van a kriminalisztikai vizsgálatok és a környezetvédelmi kármentesítés során [2].

A robbanás utáni maradványok, valamint az el nem robbant robbanóanyagok, amely nyomnyi mennyiségben fordul elő a gyanúsított kezén, ruházatán, stb. ennek a vizsgálata nem csak a nyomozati szakaszban fontos, hanem a bírósági szakaszban is.

A környezetvédelmi kármentesítés fogalomkörébe a talajban és az élővizekben előforduló robbanóanyag, és annak, bomlástermékeinek az észlelése tartozik. Mivel a legtöbb robbanóanyag toxikus, illetve tényként kezelhető, hogy a robbanóanyag-, és a lőszergyártó üzemek környéke ebből a szempontból szennyezett.



A kriminalisztikai vizsgálatok, és a környezetvédelmi kármentesítések során alkalmazott analitikai eljárások elsősorban a GC/MS és az LC/MS. Mivel a robbanóanyagok olyan termikusan labilis vegyületnek tekinthetők, ezért az LC/MS eljárás előnyt élvez a GC/MS analízishez képest.

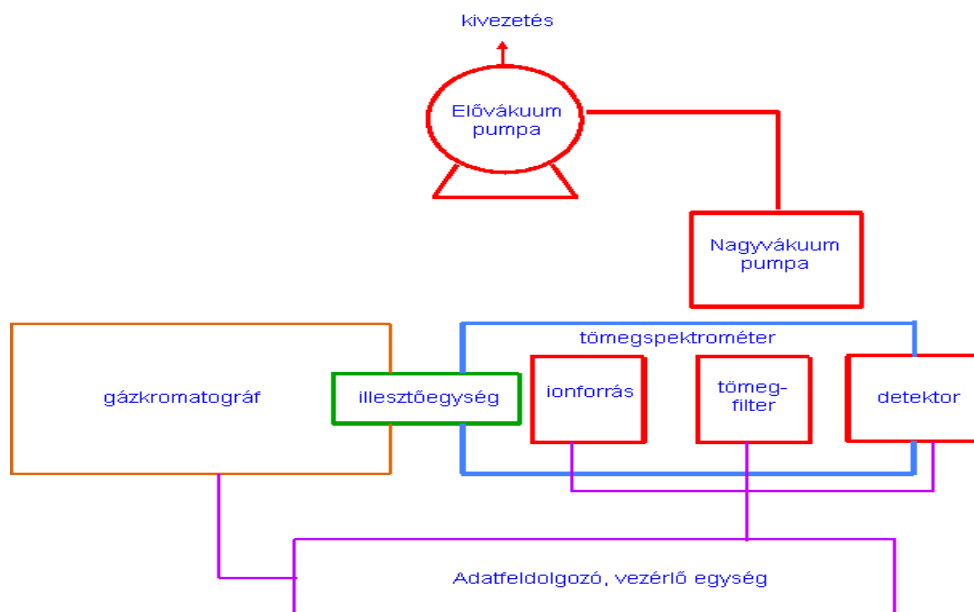
## 2.1. A robbanóanyagok GC/MS analízise

A tömegspektrometria és a gázkromatográfia kombinációja nagy áttörést jelentett a szerves kémiai analízisben. Mivel sikerült megoldani a két rendszerben uralkodó extrém nagy nyomás különbségből adódó problémákat, kombinálni lehetett a GC elválasztási hatékonyságát, valamint az MS kémiai szerkezet azonosító képességét. A vivőgáz nyomását kellett csökkenteni anélkül, hogy a minta mennyiségében jelentős változás történjen. Ezt a problémát az úgynevezett molekuláris szeparátorokkal lehetett megoldani, amelyek a 60-as évek óta állnak rendelkezésre a kereskedelemben. A kapilláris kolonnák megjelenése a GC-ben - mivel ezeket közvetlenül is kapcsolni lehet a tömegspektrométerhez - csökkentette a szeparátorok iránti igényt, minimálissá téve a holttereket, az adszorpciós hatásokat, megnövelve így az analízis gyorsaságát. Ezek az előnyök, a kapilláris GC nagyobb elválasztási hatékonyságával, igen fejlett technikává emelik a GC/MS-t, kiszélesítve alkalmazási területeit. A GC/MS megjelenése előtt a több komponensű elegyek szétválasztása, valamint az egyes összetevők szerkezetének azonosítása hosszú időt igénylő feladat volt. Napjainkban a kapilláris kolonnás GC/MS egy modern adatbázis rendszerre, ezen feladatok megoldásának idejét órákra, percekre redukálja. Ezért válhatott a GC/MS olyan területek vezető analitikai módszerévé, mint például a toxikológia, a petrolkémia, a természetes eredetű anyagok kémiaja, a kriminalisztika (például robbanóanyag analízis), ahol igen gyakran kell többkomponensű mintákat elemezni.

A gázkromatográfias elválasztással kombinált tömegspektrometria (GC-MS) alkalmas többkomponensű, összetett minták jellemzésére. A módszer szerepét az érzékenysége, kis mintaigénye, kiterjedt alkalmazási lehetősége biztosítja.

Az illékony, nem-hőérzékeny, komplex minták mennyiségi és minőségi elemzésére kiválóan alkalmas a gázkromatográfia - tömegspektrometria (GC-MS) csatolt technika. Elsősorban két problémát kell megoldani a kapcsolat létrehozásakor: az egyik a feleslegben lévő vivőgáz eltávolítása, hogy az EI ionizációhoz szükséges vákuumot fenn lehessen tartani, a másik pedig a két készülék működési sebességének összehangolása. A ma kapható, korszerű kapilláris GC oszlopokon végezve a gázkromatográfias elválasztásokat, a két készülék közvetlenül összekapcsolható. Gyakorlatilag a kis átmérőjű (0,25-0,35 mm belső átmérő) oszlopok esetében az optimális áramlási sebesség 1-2 ml/perc, amit az MS vákuumrendszere már kezelni tud, tehát a kolonna vége közvetlenül beköthető az ionforrásba.

A GC-MS technika esetében a gázkromatográfival (7. ábra) történik a mintakomponensek elválasztása és a tömegspektrométer a detektor. A tömegspektrométerben az időben elkülönült mintakomponensekből ionos részecskék keletkeznek, amelyek fajlagos tömeg (töltégsűrűsége eső tömeg) szerint csökkentett nyomáson, elektromos, vagy mágneses mezők segítségével elválaszthatók. Az elválasztott ionok intenzitását folyamatosan mérjük, így egy ionáram intenzitás -fajlagos tömeg függvénykapcsolathoz, ún. tömegspektrumhoz jutunk.



6. ábra – Gázkromatográf - tömegspektrométer készülék együttes vázlatos felépítése [Budó Ágoston - Kísérleti Fizika IV. 123. oldal]

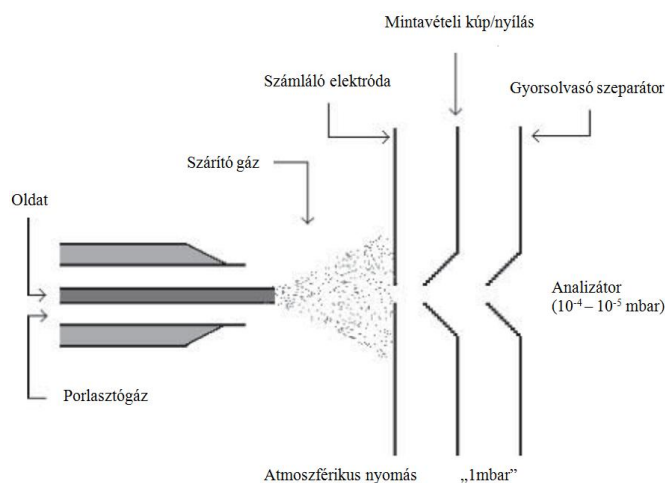
## 2.2. A robbanóanyagok LC/MS analízise

Mivel a legtöbb robbanóanyag rendkívül hőérzékeny, ezért az LC/MS alkalmas lehet ezek illetve ennek a maradványainak a vizsgálatára. Az analízis során az elektropray ionizációt (ESI), és a légtörő nyomáson végrehajtott kémiai ionizációt (APCI) alkalmazzák a robbanóanyag típusától függően [3].

### 2.2.1. Az ESI- és az APCI LC/MS elve

Elektropray ionizáció (Electrospray Ionization, ESI). Az ESI technika a folyadékkromatográfias módszerekkel együtt vált népszerűvé az elmúlt évtizedekben.

Az egyik legáltalánosabban használt technika, amely segítségével elválasztás nélkül, keverékekből is megállapítható a vizsgálni kívánt molekula tömege, valamint a fragmensekből szerkezeti információ is nyerhető.



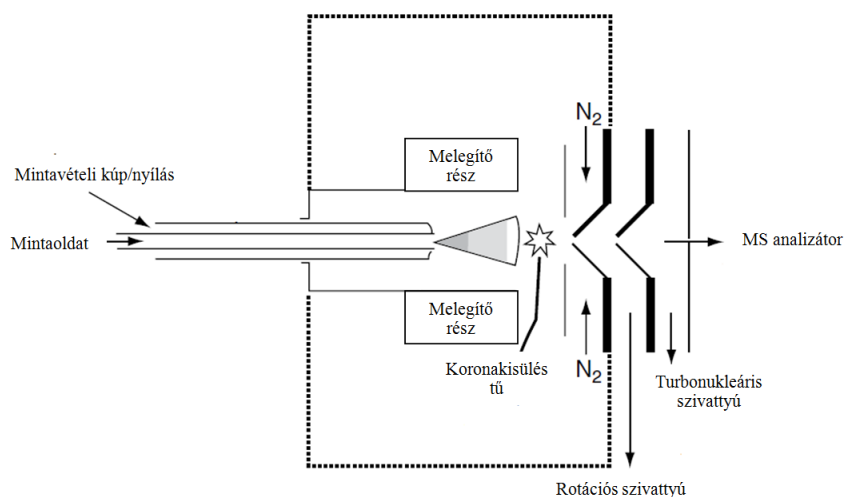
7. ábra - Elektrospray ionforrás  
[www.astbury.leeds.ac.uk/Facil/Mstut/mstutorial.htm.]

Az ESI-nél a vizsgált oldatot, egy rozsdamentes acél kapillárison keresztül, atmoszférikus nyomáson, szivattyúzzuk a légtérbe, a kapilláris feszültsége 3-5 kV (8. ábra). A nagy energiájú elektromos mező hatására a kapilláris végén lévő folyadék felszínén töltéstöbblet képződik, így a kapillárisból kilépő folyadék kúpszerűen kicsúcsosodik, s a csúcsáról töltéssel rendelkező folyadékcseppek szakadnak le.

Az oldószer mennyiségének csökkentésére a képződött aeroszolt egy fűtött kapillárison vezetjük át. Végül a teljesen deszolvatált ionok teljesen lecsapódnak, vagy a mező deszorbeálódnak a töltött cseppek hatására. Ezt a folyamatot nevezik "ion lecsapódásnak", és ez az elsődleges folyamata az elektrospray gázfázisú ionképződésnek. Nitrogén gáz (szárítógáz) áramoltatásával a minta ionjainak deszolvatációját/ dehidratációját alkalmazásával fokozzák. A párolgás során a cseppek mérete folyamatosan csökken, viszont töltésük nem változik, így jelentősen megnövekszik a felületi töltéssűrűségük, instabillá válnak, végül kisebb cseppekre, majd ionokra szakadnak. Mivel az ESI egy "lágyionizációs" technika, ahol nem vagy alig van jelen a fragmentáció, ezért a spektrum csak az (M+H)<sup>+</sup> vagy (M+H)<sup>-</sup> ionokat fog tartalmazni.

Mivel adalékok, és szennyeződések, mint például ammónium, vagy nátrium ionok lehetnek jelen az oldatban, amelyek az adduktképződést segíthetik elő. Az egyes adalékanyagok fogják alkotni az intenzív addukt ionokat, amely az azonosítást segíti elő.

Ez a technika könnyen protonálódó, bázikus csoportokat tartalmazó vegyületek (aminok, stb.) vizsgálatára alkalmas leginkább, s valamennyi analizátor típusal kombinálható. Az M>1000 Da tartományban ESI körülmények között a többszörös protonálódás / deprotonálódás eredményeként többszörösen töltött ([M+nH]<sup>n+</sup>, [M-nH]<sup>n-</sup>) ionok is képződhetnek, ahol n az adott ion töltéseinek száma. Az apoláris vegyületek ESI-vel nem, vagy csak alig vizsgálhatóak. Ilyen esetekben gyakran jól használható a légköri nyomáson történő kémiai ionizáció (APCI) vagy a fotoionizáció (APPI).



8. ábra - Az APCI ionforrás  
[R.C. Spreen és munkatársai:., Anal.Chem., 68 (1996) 414A.]

Atmoszférikus nyomású kémiai ionizáció (Atmospheric Pressure Chemical Ionization, APCI)-nál (8. ábra), az ionforrás kivitelezése hasonló az ESI-hez a kapillárisnak nincs

nagyfeszültsége, a sprayképződés és az ionizáció egymástól független folyamat. A folyadék eluálódik, megjelenik a kapillárison, amely körül az N<sub>2</sub> porlasztó gáz koaxiálisan áramlik termosztált körülmények között. A porlasztógáz és a hőmérséklet hatására aerosol képződik, amely gyorsan elpárolog. Az APCI végén nagyfeszültségű (2,5-3,0 kV) fém tű van, amely körül koronakisülés jön létre, így az oldat molekulái eluálódnak, és így jönnek létre az ionok.

A koronakisülés hatására a víz- vagy más oldószer molekulák ionizálódnak, majd ezek lépnek reakcióba a mintamolekulákkal, miközben kvázi-molekulaionok ([M+H]<sup>+</sup>, [M-H]<sup>-</sup>) képződnek. Az APCI kisebb, poláris, de nem feltétlenül ionos molekulák vizsgálatára alkalmas.

A minta molekulái eluálódnak, és áthaladnak az ionizált oldaton, ami által ionizálódnak, és gáz fázisú ionizált molekulák keletkeznek. A minta kémiai ionizációja igen hatékony atmoszférikus nyomáson, mivel az ütközések magas frekvenciájúak. A proton transzfer, az (M+H)<sup>+</sup> ionok a pozitív-ion módban, és vagy elektron, vagy proton átadással, míg az (M+H)<sup>-</sup> ionok negatív-ion módban történik. Az oldat clusters mérséklő hatása a reagens ionokon, magas gáznyomás, és a csökkentett fragmentáció az ionizáció alatt eredményezi elsősorban a (M+H)<sup>+</sup> és, az (M+H)<sup>-</sup> és / vagy az addukt ionokat.

Mint az ESI-nél az ionokat, a tömeg spektrométert nagy nyomású rendszerén, szkimmeren keresztül áramlanak. Nagy előnye az APCI-nek, hogy az illékony molekulák molekulasúlyáról ad felvilágosítást, és lehetővé teszi a viszonylag magas 0,2 és 2,0 ml / perc sebességű áramlási sebességet. Ez (a 2,1 és 4,6 mm távolság) teszi lehetővé, hogy közvetlen kapcsolatban legyen az ID-HPLC kolonnákkal. Az ESI rendszerek 0,5-1,0 ml / perc tartományban használatosak, amikor még van kapcsolat a kapilláris oszlopokkal.

## 2.2.2. A robbanóanyagok ESI és APCI LC/MS analízise

A következőekben számos példával szemléltetjük a robbanóanyagok LC/MS analízését. Az ESI-LC/MS/MS-CID a nitroaromás, nitramin és nitrát-észter robbanóanyagok fragmentációját negatív ion módban vizsgálták a daughter ion, parent ion (szülő-ion) és semleges veszteséget [4]. Az 9. ábra a TNT ütközéssel fragmentálódott daughter ionjainak ESI-MS/MS analízisét szemlélteti.

Parent ion		Daughter ions		Structure
m/z	Ion	m/z	%	
227	M <sup>-</sup>	210	100	[M-OH] <sup>-</sup>
		197	52	[M-NO] <sup>-</sup>
		181	5	[M-NO <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>
		180	7	[M-NO-OH] <sup>-</sup>
		167	7	[M-2NO] <sup>-</sup>
		151	7	[M-NO <sub>2</sub> -NO] <sup>-</sup>
		137	17	[M-3NO] <sup>-</sup>
226	[M-H] <sup>-</sup>	208	30	[P-H <sub>2</sub> O] <sup>-</sup>
		198	33	[P-NCH <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>
		196	100	[P-NO] <sup>-</sup>
		183	23	[P-NO-CH] <sup>-</sup>
210	[M-OH] <sup>-</sup>	152	100	[P-NO-NCH <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>
		136	5	[P-NO <sub>2</sub> -NCH <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>
		124	29	
197	[M-NO] <sup>-</sup>	180	16	[P-OH] <sup>-</sup>

		167	100	[P-NO] <sup>-</sup>
		151	5	[P-NO <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>
		150	5	[P-OH-NO] <sup>-</sup>
		139	20	[P-OH-NCH <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>
		137	5	[P-NO <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>

9. ábra A TNT ESI-MS ütközéssel indukált disszociált ionjai  
[J. Yinon et al., Rapid. Commun. Mass Spectrom., 11 (1997) 1961. ]

A robbanóanyagok számos adalékanyagát tesztelték, hogy szabályszerűen növeljék, az ESI intenzitását [5-7]. A nitramin és nitrát-észter alapú kimutatott robbanóanyagok fokozott választ adnak az ammónium-nitrát adalékanyagra, negatív ion módban az addukt ionok pedig [M+NO<sub>3</sub>]<sup>-</sup> formátumúak.

Az adalék ionok sorában a nitrát ionok 6-40-szer erősebb volt, mint a trifluor-acetát (trifluor-ecetsav) vagy klorid ionok.

HPLC szeparálást egy C18 kolonnán (100x2,1mm, 5 µm-s részecskeméret) végezték el, a metanol-víz aránya (70:30), izokromatikus mobil fázisa, és az áramlási sebesség 150 ml/perc. A talajvízben lévő RDX mintáinak a MNX (hexahidro-1-nitrozo-3, 5-dinitro-1 ,3,5-triazin), DNX (hexahidro-1 ,3-dinitroso-5-nitro-1 ,3,5-triazin) és TNX (hexahidro-1 ,3,5-trinitroso-1 ,3,5-triazin) ESI LC/MS/MS tömegspektroszkópiás vizsgálatát negatív-ion módban végzik [8]. A [M+75]<sup>-</sup> és [M+45]<sup>-</sup> ion volt a legintenzívebb ion az RDX és bomlástermékeinek tömegspektroszkópikus analízisének.

Az RDX, MNX és DNX CID tömegspektrumának báziscsúcsa m/z=46 [NO<sub>2</sub>]<sup>-</sup>, míg a TNX, amely nem tartalmaz egy NO<sub>2</sub> csoport, m/z=113 volt. Az RDX klaszter ionjainak kialakulása az LC/MS analízisében a klaszter ionok származását vizsgálták aszerint, hogy ezen ionok az RDX bomlásából vagy a bomlástermékekből származnak [9].

Az izotóppal jelzett RDX-t (13C3-RDX és 15N6-RDX) az RDX addukt ionjait határozzák meg az ESI és APCI eljárással. Az eredmények azt mutatták, hogy az RDX csoport ESI ionizációval, acetát, hidroxiacetát és klorid anionok mozgó fázisával határozzák meg, a szennyeződés ppm szintű. Az APCI-nél az RDX molekulák részben lebomlanak, így [NO<sub>2</sub>]<sup>-</sup> csoportokat kapunk, ami viszont egy másik RDX klaszter molekulával viszonylag nagyszámú [M+NO<sub>2</sub>]<sup>-</sup> klaszter ionokat képez.

A TATP nyomelemzését az APCI LC/MS pozitív ion módjában végezhetjük el [10]. A kromatográfiás elválasztást C18 kolonnával (150x2,0mm, 3 µm-es részecskeméret) végezték metanol-víz aránya (70:30) mozgó fázis 5 mM ammónium-acetát pufferrel, áramlási sebesség pedig 0,1 ml / min és 0,2 ml / min értékek között változott. A mintákat acetonitrilben oldatba injektáljuk. Az LC/MS tömegspektrogram csúcsait az m/z=75, 89,90,91,102, 107, 194, 240 és 252-nél figyelték meg. Az m/z=240 ionról azt feltételezik, hogy az [M+NH<sub>4</sub>]<sup>+</sup> addukt ionnak felelnek meg, a nitrogén szárító gáz miatt. Ez az ion pedig növekedett, ha ammónium-acetát puffert használunk.

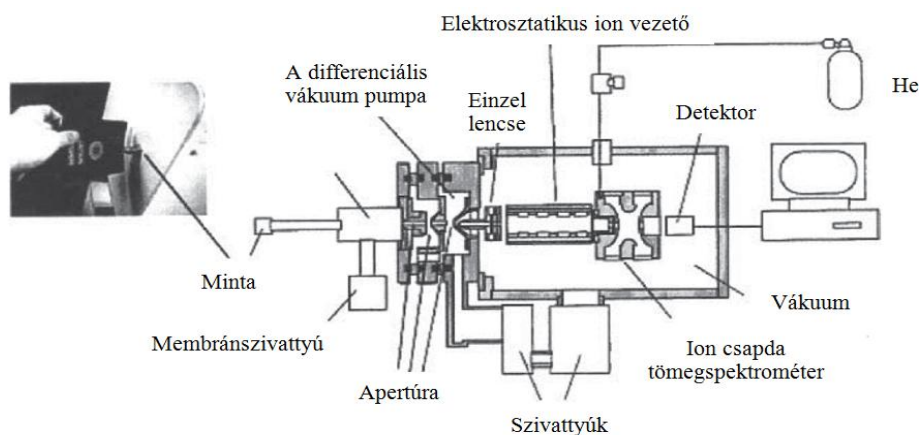
A legalacsonyabb észlelési határ 100 pg/ml, amelyet MS/MS-SIR (single ion reaction) spektroszkópiával állíthatunk elő, a szülő ion m/z=240 és a lányion m/z=89

A robbanás utáni maradványok azonosítása a kriminalisztikai vizsgálatok fontos része. Ebben az esetben a gyártó és a származási ország meghatározása is fontos. Minden egyes gyártó jól meghatározott különbségeket fog kialakítani a robbanóanyagban, illetve annak melléktermékeiben, szennyezőanyagaiban és az adalékanyagaiban a gyártási folyamat típusától, valamint a felhasznált oldószer és az összetevők tisztaságától függően, és ebből következően a melléktermékeiben, a szerves szennyező anyagban, és az összetevők jellemzőiben. A TNT egymástól eltérő mintáiban, az ipari TNT beleértve a trinitrotoluén,

dinitrotoluén, trinitrobenzén, és a dinitrobenzenén izomerjeit, melléktermékeit APCI LC/MS negatív ion módban vizsgálták [11].

### 3. A REJTETT ROBBANÓANYAGOK KIMUTATÁSA

A robbanóanyagok felderítése rendkívül fontos feladat illetve törvényben meghatározott kötelezettsége a fegyveres és rendvédelmi szerveknek, és a civil biztonságtechnikai cégeknek. Ide tartozik például a reptereken a rejtett robbanóanyagok kimutatása a csomag és poggyászsűrés vagy az utas átvizsgálás. A robbanóanyag felderítő rendszerekkel szemben fontos követelmény az észlelés határa, az érzékenység, az áteresztőképesség. A tömegspektrométerek ezeknek a követelményeknek megfelelnek. További fontos szempont az eszköz mobilitása, illetve a beszerzési költség, stb. Az évek során ezen eszközök mind kisebbé, és mobilisabbá váltak, viszont a beszerzési ár nem csökkent. Ennek ellenére a tömegspektrométerek összetettségéből következik, hogy az egyik legmegbízhatóbb eszköz a robbanóanyag detektorok sorában. Különböző tömegspektrométerek használatosak a robbanóanyagok kimutatására, ilyen lehet például az ioncsapda, a kvadrupól, és a repülési idő-tömeg analizátorok, amelyeket az MS/MS rendszerrel kombinálnak. Az ionizációs módszer az APCI koronakisülés lehet [12, 13].



10. ábra - A robbanásveszélyes gőz/pára kimutatására szolgáló tömegspektrométer elvi elrendezése [Budó Ágoston - Kísérleti Fizika IV. 175. oldal]

A 10. ábrán egy tömegspektrométer vázlatos elrendezése látható [13]. Ez ioncsapda tömeganalizátor, egy APCI (jel) forrással, ami koronakisüléssel van kombinálva, és egy ellenáramú CFI rendszerrel van ellátva. A mintagáz iránya ellentétes az ionforrás által termelt áramlással. A robbanóanyag maradványok tömegspektroszkópiás analizisét a repülőtéri beszállókártyákon előforduló maradványokra fejlesztették ki. A kártyákon előforduló robbanóanyagok deszorpcióját rövidhullámú infravörös sugárzással érték el. Az így előállított gőzöket a Sciex API 3000 rendszerrel vizsgálják, ami egy hármás kvadrupól MS/MS rendszer, amelyet MRM módban működtetnek. A negatív töltésű addukt klorid ionok az APCI-ben koronakisüléssel jönnek létre, a diklórmétán bevezetésének az eredményeként. A  $[M+35Cl]^-$ , és az  $[M+37Cl]^-$  a perzekutor ionok, ahol az M az RDX, PETN vagy nitroglicerín lehet. A TNT nem képez addukt ionot, csak egy  $M^-$  molekula ionot. Az MRM átmenet során létrejött ionok, ha az  $m/z=46$ , akkor a NG (nitroglicerín), a PETN, az RDX, és a TNT



$m/z=197$  aránnyal képződnek. Mind a négy vizsgált robbanóanyag esetén LOD (az észlelés határa) 100 pg. A rendszer átteresztőképessége 1000 vizsgálat/óra. Az utas szűrésre egy MS/MS típusú tömegspektrométert fejlesztettek ki, amelyet a 11. ábra mutat be.

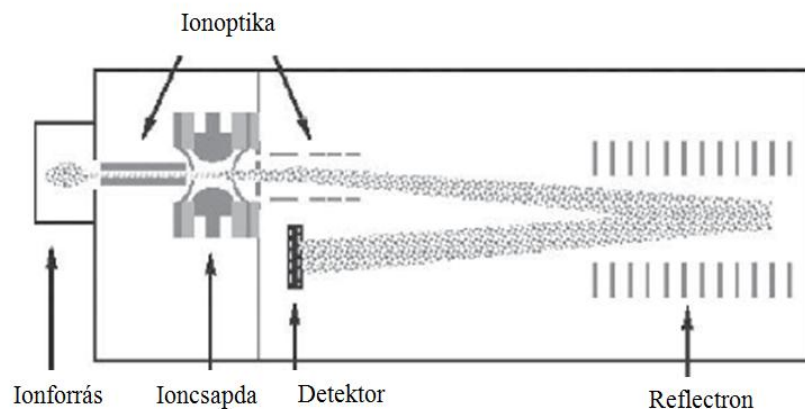


11. ábra: MS-alapú beléptető rendszer

[[www.syagen.com/LitReq/Pres1102/portal.pdf](http://www.syagen.com/LitReq/Pres1102/portal.pdf). SandiaNational Laboratories, Albuquerque, NM]

Az MS egy IT-TOF (ion trap, time of flight) analizátorból, és egy DIS (discharge ionization source) áll.

Ennek a vázlatos elrendezését a 12. ábra szemlélteti.



12. ábra - IT-TOF MS / MS beléptető

[[www.syagen.com/LitReq/Pres1102/portal.pdf](http://www.syagen.com/LitReq/Pres1102/portal.pdf).]

A rendszer érzékenysége a TNT, az RDX, és a PETN esetén 1,5pg és 20pg közé esik.

## 4. KÖVETKEZTETÉSEK

A tömegspektroszkópia, különösen az LC/MS egyik legfontosabb eljárásnak tekinthető a robbanóanyagok analízisében. Az érzékenységet, és a szelektivitást egyesíti, ezen túlmenően az MS/MS a törvényszéki eljárásoknál kiváló.

A tömegspektrometriás (MS) eljárás továbbra is vezető helyet foglal el szelektivitás és érzékenység tekintetében.

Néhány MS módszer esetén a vizsgálat ideje megközelíti az 5 sec –t, ami a rendszer gyors átbocsájtó képességét bizonyítja, amit a minta előkészítés teljes kiküszöbölésével érhetünk el.

A dolgozatomban az elsődleges cél (az MS analízis, ill. a hozzá kapcsolódó eljárások alapjai) mellett szerettem volna bemutatni az új mintavételezési módszereket, illetve a méretcsökkentéssel elérhető személyi beléptető rendszereket, valamint a költséghatékony eljárásokat.

Pan és munkatársai az ESI LC-MS eljárással, negatív ion módban szerves addukt ionokkal analizálták a HMX-t [14]. Az észlelés határa a HMX oldat esetében 0.78 pg volt, és a kromatogram pedig 0.5 – 50 zg/L volt.

Cooks és munkatársai fedezték fel a DESI MS eljárással a felületeken előforduló RDX, HMX, TNT, PETN, C-4, Semtex-H, és Detasheet robbanóanyagok kimutathatóak, és analizálhatóak [15]. Ők mutatták be azt az eljárást, mikor is reaktív adalékokat tartalmazó permet a robbanóanyag estében addukt ionokat eredményez.

Ezután használták alkálifémion komplexképzési és ütközés indukált disszociációs (CID) módszert a papír, téglá, és fémfelületeken előforduló TATP kimutatására [16]. Az észlelési határ jelen esetben 1-50 ng. Ezt a módszert (MS) legfeljebb 3 m távolságban szokták használni [17].

A Puerto Ricó-i Egyetem Mayaguez csoportja a TOF MS analízist alkalmazza az NO, és az NO<sub>2</sub> kinetikus energia eloszlásának vizsgálatokor UV fotofragmentációval (266 nm hullámhosszon, 100 femtoszekundumos impulzusokkal, 500 Hz frekvencián), amely a TNT kristályból származik [18].

Martin és munkatársai az aeroszol tömeg spektrometriát (SPAMS) alkalmazták mikrométer méretű robbanóanyagok estén. [19].

Az eljárás hatékonyságát a mintavételezéssel lehet növelni. Gillen és munkatársai fedezték fel, hogy szekunder ion tömegspektrometriával (SIMS), csökkenthető a minta degradációja [20]. Másodlagos elektorspray ionizációt (SESI) az RDX, NG, és PETN addukt ionjainak kimutatására használták. Az RDX 5 g/l vizes oldatának adduktum képző vegyülete nagy javulást eredményezett az észlelési határának csökkentésében [21]. A TATP TOF tömegspektroszkópiájánál a femtoszekundumos és nanoszekundumos lézer fotoionizáció alkalmas lehet az észlelés határának csökkentésére. Ugyanez a csoport tárta fel a TOF MS előnyeit nitrobenzol és nitrotoluén kimutatásakor [22].

Stamboli és munkatársai a GC-MS analízist alkalmazták a TATP kimutatására.

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.”

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1]. P.H. DAWSON, PRINCIPLES OF OPERATION. IN: P.H. DAWSON (ED.), QUADRUPOLE MASS SPECTROMETRY AND ITS APPLICATIONS, ELSEVIER, AMSTERDAM, 1976.
- [2]. J. YINON FORENSIC AND ENVIRONMENTAL DETECTION OF EXPLOSIVES, JOHN WILEY & SONS, CHICHESTER, 1999.
- [3]. G. M. WHITE, J. FORENSIC SCI. 37 (1992) 652.
- [4]. [J. YINON ANALYSIS OF EXPLOSIVES BY LC/MS. IN: J. YINON, (ED.), ADVANCES IN FORENSIC APPLICATIONS OF MASS SPECTROMETRY, CRC PRESS, BOCA RATON, 2003.
- [5]. M.L. MILLER, J. LEIBOWITZ AND R. MARTZ ADDITIVE ENHANCEMENT FOR ESI OF NITRATED EXPLOSIVES. IN: PROC. 44TH ASMS CONFERENCE ON MASS SPECTROMETRY AND ALLIED TOPICS, PORTLAND, OR, 1996, p. 1389.
- [6]. M.L. MILLER, R. MOTHERSHEAD J. LEIBOWITZ K. MOUNT AND R. MARTZ THE ANALYSIS OF NITRATED ORGANIC EXPLOSIVES BY LC/MS: ADDITIVE ENHANCEMENT. IN: PROC. 45TH ASMS CONFERENCE ON MASS SPECTROMETRY AND ALLIED TOPICS, PALM SPRINGS, CA, 1997, p. 52.
- [7]. X. ZHAO AND J. YINON J. CHROMATOGR. A, 977 (2002) 59.
- [8]. X. ZHAO AND J. YINON J. CHROMATOGR. A, 977 (2002) 59.
- [9]. H. R. BELLER AND K. TIEMEIER ENVIRON. SCI. TECHNOL., 36 (2002) 2060.
- [10]. A. GAPEEV M. SIGMAN AND J. YINON RAPID. COMMUN. MASS SPECTROM., 17 (2003) 943.
- [11]. L. WIDMER S. WATSON K. SCHLATTER AND A. CROWSON ANALYST, 127 (2002) 1627.
- [12]. X. ZHAO AND J. YINON RAPID. COMMUN. MASS SPECTROM., 16 (2002) 1137.
- [13]. W.R. DAVIDSON, B.A. THOMAS, A. K. AKERY AND R. SLEEMAN MODIFICATIONS TO THE IONIZATION PROCESS TO ENHANCE THE DETECTION OF EXPLOSIVES BY API/MS/MS. IN: PROC. 1ST INT. SYMPOSIUM ON EXPLOSIVES DETECTION TECHNOLOGY, ATLANTIC CITY, NJ, USA, 1991, p. 653.
- [14]. SYAGEN TECHNOLOGY, INC., MASS SPECTROMETRY BASED PERSONNEL SCREENING PORTAL. [WWW.SYAGEN.COM/LITREQ/PRES1102/PORTAL.PDF](http://WWW.SYAGEN.COM/LITREQ/PRES1102/PORTAL.PDF)
- [15]. PAN, X.-P., TIAN, K., JONES, L. E., & COBB, G. P. (2006). METHOD OPTIMIZATION FOR QUANTITATIVE ANALYSIS OF OCTAHYDRO-1,3,5,7-TETRANITRO-1,3,5,7-TETRAZOCINE (HMX) BY LIQUID CHROMATOGRAPHY-ELECTROSPRAY IONIZATION MASS SPECTROMETRY. TALANTA, 70, 455-459
- [16]. COTTE-RODRIGUEZ, I., & COOKS, R. G. (2006). NON-PROXIMATE DETECTION OF EXPLOSIVES AND CHEMICAL WARFARE AGENT SIMULANTS BY DESORPTION ELECTROSPRAY IONIZATION MASS SPECTROMETRY. CHEMICAL COMMUNICATIONS, 2006, 2968-2970
- [17]. COTTE-RODRIGUEZ, I., TAKATS, Z., TALATY, N., CHEN, H. W., & COOKS, R.G. (2005). DESORPTION ELECTROSPRAY IONIZATION OF EXPLOSIVES ON SURFACES: SENSITIVITY AND SELECTIVITY ENHANCEMENT BY REACTIVE DESORPTION ELECTROSPRAY IONIZATION. ANALYTICAL CHEMISTRY, 77, 6755

- [18]. COTTE-RODRIGUEZ, I., CHEN, H., & COOKS, R. G. (2006). RAPID TRACE DETECTION OF TRIACETONE TRIPEROXIDE (TATP) BY COMPLEXATION REACTIONS DURING DESORPTION ELECTROSPRAY IONIZATION. *CHEMICAL COMMUNICATIONS*, 2006, 953-955
- [19]. OSORIO, C., GOMEZ, L. M., HERNANDEZ, S. P., & CASTRO, M. E. (2005). DETECTION AND REMEDIATION TECHNOLOGIES FOR MINES AND MINELIKE TARGETS X. IN RUSSELL S. HARMON, J. THOMAS BROACH, & JOHN H. HOLLOWAY JR. (EDS.), *PROCEEDINGS OF THE SPIE* (VOL. 5794, P. 803). BELLINGHAM, WA: SPIE
- [20]. MULLEN, C., IRWIN, A., POND, B. V., HUESTIS, D. L., COGGIOLA, M. J., & OSER, H. (2006). DETECTION OF EXPLOSIVES AND EXPLOSIVES-RELATED COMPOUNDS BY SINGLE PHOTON LASER IONIZATION TIME-OF-FLIGHT MASS SPECTROMETRY. *ANALYTICAL CHEMISTRY*, 78, 3807-3814
- [21]. MARTIN, A. N., FARQUAR, G. R., GARD, E. E., FRANK, M., & FERGENSON, D. P. (2007). IDENTIFICATION OF HIGH EXPLOSIVES USING SINGLE-PARTICLE AEROSOL MASS SPECTROMETRY. *ANALYTICAL CHEMISTRY*, 75(5), 1918-1925 (ASAP JAN 24, 2007), [HTTP://PUBS.ACS.ORG/CGI-BIN/SAMPLE.CGI/ANCHAM/ASAP/HTML/AC061581Z.HTML](http://pubs.acs.org/cgi-bin/sample.cgi/ancham/asap/html/ac061581z.html)
- [22]. TAM, M., & HILL, H. H. (2004). SECONDARY ELECTROSPRAY IONIZATION-ION MOBILITY SPECTROMETRY FOR EXPLOSIVE VAPOR DETECTION. *ANALYTICAL CHEMISTRY*, 76, 2741-2747

## ROBBANTÁSSAL ALAKÍTOTT CSÖVEK ÉS VIZSGÁLATUK<sup>2</sup>

**Absztrakt:** A folyamatos technikai fejlődés talán a gépiparban érhető tetten környezetünkben az egyik leglátványosabb módon. Ennek egyik alappillére, hogy kutatók és mérnökök jobb, megbízhatóbb és olcsóbb anyagokat keresnek szerkezeteink megvalósításához. Az új anyagok legtöbbször új technológiák bevezetését is szükségessé teszik, ugyanis az anyagtulajdonságok megváltozása miatt elképzelhető, hogy az eddig eredményesen alkalmazott termelési eljárások nem érik el a kívánt eredményt. Természetesen, hogy ez az új eljárás az ipar számára is használható legyen, meg kell győződnünk róla, hogy a technológia beváltja a hozzá fűzött reményeket és nem okoz számunkra előnytelen változásokat.

A robbantást már fél évszázada eredményesen alkalmazzák lemezek képlékeny alakítására. Alkalmazási lehetőségeinek köre azonban nem merül ki ennyiben: segítségével varratmentes csöveket tágíthatunk, különböző alakokat hozhatunk létre. A dolgozat röviden bemutatja a robbantást, mint csőalakító eljárást, majd egyszerűbb mérések, vizsgálatok eredményeit teszi közzé.

**Abstract:** Development of the mechanical industry is one of the most spectacular around us. The basis of this constantly growing is using better, more accurate and cheaper materials to build our machines. The new materials often make necessary to think about a right new process mode. Of course, we must consider about what could cause this technology: is it really so good like it seems or is it not dangerous for the materials?

Forming sheets with explosive nowadays it is not a big deal, but we can use it in another processes too: widen seamless tubes makes also a great opportunity to use this technology. In the middle of my work stands to processes of the exploding and the measurment of the tube's parts.

**Kulcsszavak:** csőalakítás, nagy energiasűrűségű anyagtechnológia, robbantásos anyagalakítás, alakváltozás.

**Keywords:** tube forming, high energy rate forming, explosive forming, strain.

### 1. BEVEZETÉS

Az ember nem tudja élni mindennapjait úgy, hogy ne találkozna naponta többször is olyan tárggyal, használati eszközzel, amit képlékeny alakítással, az anyagtechnológia egyik nagyon fontos területének eljárásával készítettek volna el. Olcsósága és termelékenysége mellett több esetben nem is lehet a kívánt eredményt másként elérni.

<sup>1</sup> Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, E-mail: daniel.p.korom@gmail.com

<sup>2</sup> Az ÓE BGBMK 2012. évi, őszi Intézményi Tudományos Diákköri Konferenciáján 3. díjat elnyert dolgozat szerkesztett változata. Konzulensek: dr. Rác Pál, Szalay András



TDK dolgozatomban az alakítás egy különleges lehetőségével kapcsolatban vizsgáltam, amikor a robbantást hívjuk segítségül előgyártmányunk megformázására.

A robbantásos alakítás a nagysebességű anyagalakítások csoportjába tartozik, mellyel igen kedvezően lehet különböző lemezeket, csöveket alakítani, illetve felhasználhatjuk egyéb anyagtechnológiai eljárásokban is.

A technológia az 1940-es években került a kutatók, mérnökök érdeklődésének középpontjába: a Szovjetunióban és az Amerikai Egyesült Államokban a lemezalakításban alkalmazott préselés technológiának igyekeztek alternatívát találni.

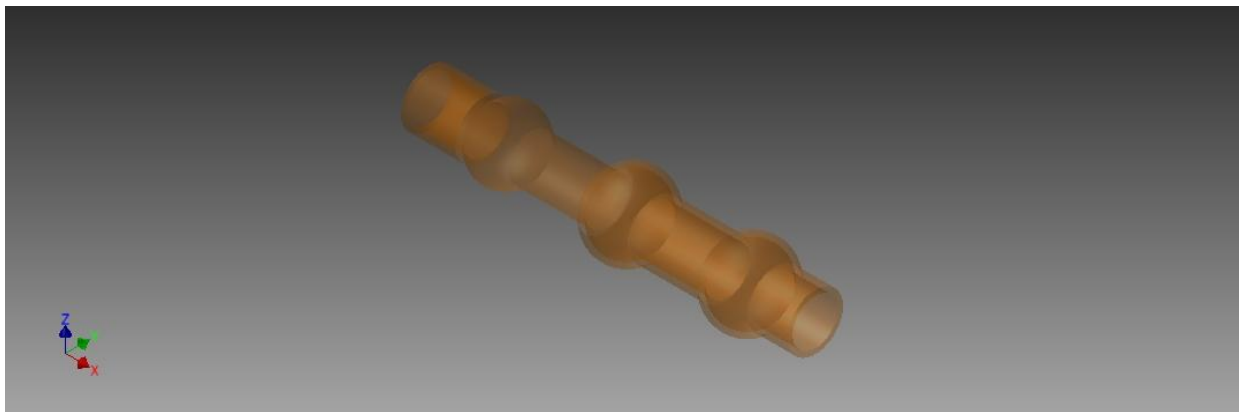
A robbantásos alakítás története azonban ennél több mint fél évszázaddal korábban kezdődött: Angliában 1878-ban Daniel Adamson nagyszilárdságú kazánlemezeket, Claude Johnson nehezen megmunkálható fémeket formázott robbantással.

1889-ben az én kísérletemhez hasonló technikai újdonságból született meg az első szabadalom: fémcsövet tágitottak robbantással [5].

Hazánkban az S-Metalltech 98 Kft. kezdett el foglalkozni a robbantásos csőalakítás lehetőségével: speciális hőcserélőcsövek megtervezésére és kivitelezésére kaptak megbízást a diósgyőri Kohászati Művektől. A cél: egy, a hőátadás hatásfokát megnövelő cső megalkotása volt, speciális formájú dudorok segítségével a lamináris áramlást turbulenssé teszik, így elégtve ki a jobb hőcsere kívánalmát. (1.kép)

A dudor alakját a Budapesti Műszaki Egyetem Áramlástan Tanszékén végzett különböző szimulációk eredménye segítségével határoztak meg, ezután következhetett a technológia kidolgozása, megtervezése, és a szerszám legyártatása.

TDK kutatásomban középpontjában egy ilyen körülmények között nyert csövet vizsgáltam, falvastagság- és keménységmérést végeztem rajta.



**1. kép**

Segítette kutatásomat, hogy bekapcsolódhattam egy, az Óbudai Egyetem és a Nemzeti Közszolgálati Egyetem által közösen elnyert projektbe, mely a nagy energia sebességű alakítás programjára hallgat. A pályázat során egy különleges szakkönyvtár gondozása is a feladataink közé tartozik:

Dr. Mueller Othmár, az Építéstudományi Egyesület, valamint a Robbantástechnikai szakbizottság alapítója, a robbantások elismert szakértőjének hagyatékáról van szó. Itt a munkán kívül rengeteg hasznos ismerettel gazdagodtam, melyeket dolgozatomban készítésénél felhasználhattam. Dolgozatomban végén, mellékletként elhelyezem a nagysebességű alakításokkal kapcsolatos, a gyűjteményben megtalálható könyveket.

Dolgozatomat egy elméleti áttekintéssel kezdem, bemutatom az ennél az eljárásnál a figyelem középpontjába kerülő technológiai jellemzőket.

Ezt követően a kísérleti munka: a robbantás ismertetése kerül elő, majd az elvégzett mérések. Az adatok ismeretében egyre tisztábban tudjuk látni magát a technológiát és ez lehetőséget ad nekünk értékelésre, valamint további kutatási célok kitűzésére.

## 2. ELMÉLETI ÖSSZEFOGLALÁS, A KÉPLÉKENY ALAKÍTÁS

Fémek képlékeny alakításánál az előgyártmány alakját külső erőrendszerrel változtatjuk meg, miközben a darab térfogata alakítási művelet közben nem változik.

Célunk, hogy a darab a művelet végére egy bizonyos, tervezésnek, üzemeltetésnek, beépítésnek megfelelő alakot vegyen fel, ehhez az alakító erőnek maradó alakváltozásra kell bírnia az előgyártmányt.

Ahhoz, hogy az anyag ezt károsodás, az anyagfolytonosság megszakadása nélkül el tudja viselni képlékeny állapotba kell hozni.

### 2.1 Folyási feltétel

Folyási (más kifejezéssel, képlékenységi) feltételeknek nevezzük az olyan összefüggéseket, amelyek megadják a feszültségek valamennyi olyan kombinációját, amelyek bekövetkezésekor a képlékeny (maradó) alakváltozás megindul. A folyási feltételek elemzésekor minden esetben két lényeges dolgot kell vizsgálnunk. Az egyik, hogy a különböző feszültségi állapotokat mikor tekintjük egyenértékűnek (jelen esetben a képlékeny alakváltozás megindulása szempontjából). A másik, hogy ténylegesen mikor következik be a képlékeny alakváltozás.

A képlékenységtanban több folyási elmélet ismeretes: a legnagyobb csúsztatófeszültségi elméleten alapuló Tresca és St. Venant által kidolgozott folyási feltétel, illetve a Huber, Mises és Hencky által eltérő alapelvből kiindulva felállított, de azonos eredményre vezető, ún. Huber-Mises-Hencky féle folyási feltétel.

#### 2.1.1 A Tresca-St. Venant folyási feltétel

E folyási feltétel az ún. legnagyobb csúsztatófeszültségi elméleten alapszik. Ugyanis e szerint a folyási feltétel szerint két különböző feszültségi állapot akkor tekinthető egyenértékűnek, ha a legnagyobb csúsztatófeszültségeik megegyeznek és a képlékeny alakváltozás akkor indul meg, amikor a legnagyobb csúsztatófeszültség egy – az adott anyagra jellemző – kritikus értéket elér.

#### 2.1.2 A Huber-Mises-Hencky folyási feltétel

Ezt a folyási feltételt Huber, Mises és Hencky egymástól függetlenül, eltérő alapelvből kiindulva fogalmazták meg, de végeredményét tekintve azonos kifejezésre jutottak. Így ez a folyási feltétel a szakirodalomban e három névvel összefonódva honosodott meg. Az eltérés a kiindulási alapelvben lényegében abban foglalható össze, hogy mit tekintettek különböző feszültségi állapotok egyenértékűségi kritériumaként. Ezek rendre az oktaédes síkon ébredő csúsztatófeszültségek, a rugalmas torzítási energiák, illetve az ún. nyírési intenzitás azonosságát jelentik. Az oktaéder síkban ébredő csúsztatófeszültségek egyenértékűségi kritériumát elfogadva, tulajdonképpen csak azt a kritikus csúsztatófeszültséget kell meghatároznunk, amelynek elérésekor a képlékeny alakváltozás bekövetkezik [1].

## 2.2 Alakváltozás mechanizmusa; rugalmas, képlékeny alakváltozás

Az alakváltozás mechanizmusának vizsgálatánál a szilárd testet felépítő elemek alakváltozásának mechanizmusát külön-külön kell vizsgálni. A kristályrács valamely külső erő hatására vagy rugalmasan, vagy képlékenyen változtathatja alakját [4].

Először az anyag a ráható erő következtében rugalmas alakváltozást szenved. Az erőhatás megszűntével visszanyeri eredeti alakját. Az erő a kristályrácsban torzulást okoz: a kristály „elemi sejtje” összenyomódik, ezzel pedig a két sejt közötti távolság csökken. Az atomok egyensúlya (egymásra ható vonó-és taszítóerő) megbomlik, a két szomszédos atomból képzett rendszer energiája megnő. Viszont az egyes atomok azonos atomok környezetében maradnak a műveletek alatt. Megszüntetve az erőhatást az atomok közötti egyensúly helyre áll, a rendszer energiája eredeti szintjére esik vissza, a kristályok alakja az eredeti formát veszi fel.

Növelve az erőhatást az anyag a képlékeny alakváltozás állapotába jut. Ehhez el kell érnie az anyagra jellemző rugalmassági határ. Első jeleként az anyagot alkotó kristályok két része elcsúszik egymáshoz képest, de anélkül, hogy a kristály két része elválna egymástól. Ezt a jelenséget csúszásnak, translációnak nevezzük. Azt a síkot pedig, amely mentén az elmozdulás bekövetkezik csúszási síknak nevezzük. Az a feszültség, amely az első translációt előidézte, a kristály rugalmassági határa. Ha a terhelést tovább fokozzuk egyrészt tovább folytatódik a csúszás az első síkon, de azzal párhuzamos, új csúszási síkok is működésbe lépnek. A transláció feltétele, hogy a működésbe lépő csúszási síkban a kristály anyagára jellemző nagyságú csúszatófeszültség hasson; ezt a feszültséget kritikus csúszatófeszültségnek nevezzük [2].

A képlékeny alakváltozásnál bekövetkező csúszások szempontjából azok a kristálytani síkok a legkedvezőbbek, amelyekben a felületi atomsűrűség és a párhuzamos szomszéd síkjuktól való távolság a legnagyobb. Ugyanez igaz a csúszási irányokra is: képlékeny csúszás olyan irányokban a legkönnyebb, amelyben a lineáris atomsűrűség a legnagyobb.

Csúszás közben az egymáson elcsúszó atomrétegek eltolódása közben végzett munka kis része a relatív mozgásban részt vett atomrendszer energiáját növeli. Ez a réteg keményedését eredményezi.

A kristályok elcsúszásának folyamata során az egyes atomsíkok nem merev testként mozognak, hanem a csúszás a csúszó sík egy vagy több pontján indul meg és terjed végig az egész csúszó síkon. A csúszó síkon így egy határvonal keletkezik, amely elválasztja a megcsúszott területeket azoktól, ahol még a csúszás nem indult meg. Az elcsúszott és el nem csúszott felületeket elválasztó vonalat nevezik diszlokációs vonalnak. A diszlokáció végeredményben egy vonalhiba, melynek közelében az atomok elmozdulnak az ideális kristályban elfoglalt helyükhöz képest. A diszlokációnak köszönhetően legalább 1000-szer kisebb erőre van szükség a képlékeny alakváltozás létrehozásához és fenntartásához a valóságban, mint amik egy rácshiba mentes, teljesen kitöltött rácshelyű kristályszerkezettel rendelkező anyagnál szükséges lenne.

Alakítás közben diszlokációk egymással ütköznek mozgásuk során. E közben kiolthatják, vagy erősíthetik egymást. Ugyanakkor mindig újak és újak keletkeznek és számuk folyamatosan nő az alakítás folyamán [3].

## 2.3 Alakítási szilárdság

Az alakváltozás hatására a fém mechanikai tulajdonságai, köztük a folyási határ és természetesen a valódi feszültség is változik. Az alakítás sebessége, az alakítandó anyag méretei szintén hatással vannak az alakítási szilárdságra. Az egyfázisú fémes anyagok

szilárdságának, keménységének hideg képlékeny alakítás közben való növekedését alakítási keményedésnek nevezzük [2].

Az alakváltozásnak a fémre gyakorolt ezen hatásait meg lehet szüntetni, ha az alakított fémeket kellő ideig megfelelő nagy hőmérsékleten hevítjük. Hevítés után a fémekben sem alakítási feszültség, sem keményedés, sem deformált kristály nincs. Az izzításnak a mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatását lágyulásnak nevezzük. A lágyulás tehát az alakváltozásnak az alakítási szilárdság növelő hatását szünteti meg. A hőmérséklet növelésével először az alakítási feszültség csökken, ez után következik a lágyulás és az újrakristályosodás.

Melegalakítás során a fém hőmérséklete megegyezik a lágyulás és újrakristályosodás hőmérsékletével. A keményedés, a kristályszerkezet változása, és a velük ellentétes folyamatok a lágyulás és újrakristályosodás melegalakításkor együttesen mehetnek végbe.

## 2.4 Az alakváltozás sebessége

Az alakítási szilárdság függ az alakítás sebességétől és az alakítás hőmérsékletétől. Általában a sebesség növeli, a hőmérséklet csökkenti mértékét.

Az alakítás sebessége állandó alakítás mellett a következő:

$$\sigma = C \dot{\epsilon}^m$$

Ahol  $c$  egy konstans,  $m$  alakváltozási kitevő konstans, az alakváltozás sebessége. A legtöbb fém  $m$  értéke szobahőmérsékleten kicsi (0 és 0,03 közötti). A kapcsolat az alakítási szilárdság  $\sigma_1$  és  $\sigma_2$  és a két alakváltozási sebesség között a következő:

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \left( \frac{\dot{\epsilon}_2}{\dot{\epsilon}_1} \right)^m$$

Vegyük mindkét oldal természetes alapú logaritmusát, ekkor a következő kifejezést kapjuk:

$$\ln \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = m \ln \left( \frac{\dot{\epsilon}_2}{\dot{\epsilon}_1} \right)^m$$

[1]

Alacsony hőmérsékleten, ha a  $\sigma_1$  értéke sokkal nagyobb, mint  $\sigma_2$  értéke az egyenlet egyszerűsödik:

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma} \cong m \ln \frac{\dot{\epsilon}_2}{\dot{\epsilon}_1} = 2,3 m \log \frac{\dot{\epsilon}_2}{\dot{\epsilon}_1} \quad [2]$$

Például, ha  $m=0,01$  növelve az alakváltozási sebességet az alakítási szilárdság csak kicsit változik, körülbelül 2%-ot, emiatt a sebesség hatását itt figyelmen kívül hagyhatjuk. Ezzel együtt a sebesség hatása bizonyos körülmények között fontos lehet, például vékony drót húzásánál, vagy lemez hengerlésekor, ahol az alakváltozási sebesség 10a negyediken/s is lehet.

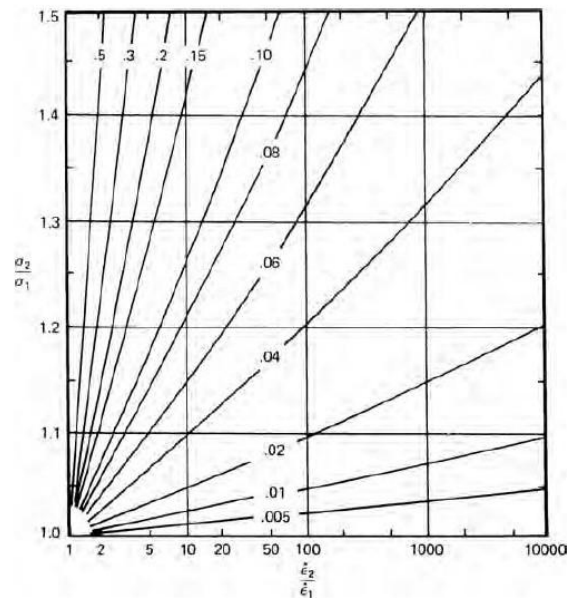
Az  $m$  kifejezésére két módszert használnak. Az egyik folytonos feszültség-alakváltozás görbékből áll, különböző alakítási sebességek mellett és összehasonlítja a feszültség szinteket állandó alakításra a [1] egyenlet szerint.

A másikonál hirtelen változtatják az alakítási sebességet a feszültség vizsgálata során, és a megfelelő  $\Delta\sigma$  különbséget használják a [2] egyenlethez.

Emelve az alakítási sebességet nagyobb lesz az alakítási keményedés, így alkalmazva a folyamatos feszültség-alakítási görbéket nagyobb  $m$  értéket ad, mint a második módszerrel, ami összehasonlítja az alakítási szilárdságot különböző anyagszerkezetekre. A második módszer előnye, hogy különböző alakítási sebesség változásokhoz egyszerű mintát ad. Az anyagalakítási sebesség érzékenysége hőmérsékletfüggő. Melegalakításnál az  $m$  érték tipikusan 0,1 és 0,2 közé esik, tehát a sebesség hatása sokkal nagyobb, mint szobahőmérsékleten. Bizonyos körülmények között  $m$  értéke 0,5 és még annál is nagyobb lehet különböző anyagokra.

Az alumínium ötvözetekre és még sok más fémre igaz, hogy van egy minimális  $m$  érték szobahőmérséklet közelében és néha negatív értéke is előfordul.

Az alakítási sebességet növelve a diszlokációk gyorsabban mozognak, mint ahogyan az oldott anyagok képesek lennének diffundálni, így a diszlokációk viszonylag oldott anyag-mentesek lesznek [6].



Alakítási sebesség hatása az alakítási szilárdságra, állandó  $m$  értékek mellett  
Forrás:[6]

### 3. A KÍSÉRLETI MUNKA: A ROBBANTÁS

#### 3.1. Robbantásos eljárások

Robbanás során anyagok nagyon rövid idő alatt alakulnak át, amit nagymennyiségű energia felszabadulása kísér. Megkülönböztethetünk fizikai, kémiai és nukleáris robbantást.

Mivel munkám során a kémiai robbantással alakított testet vizsgáltam, ezért a robbantásos eljárások részletesebb ismertetését erre korlátoznom.

Kémiai robbanás során vegyi robbanóanyagok alakulnak át, eközben gázformájú reakciótermék és hő fejlődik.

Az átalakulás három részre osztható: égés, robbanás és detonáció. Égés során az átalakulás lassú, fokozatos, amit helyi hő közlés idéz elő. Robbanás közepes nagyságú, de nem stabil sebességgel megy végbe. A robbanás helyén igen nagy nyomásemelkedés mérhető.

Az alakított darab elkészítéséhez azonban ezek nem megfelelőek, mert nem biztosítanak megfelelő sebességet az alakításhoz. Ezért a leggyorsabb átalakulást, a detonációt használtuk fel célunk megvalósításához. Ez igen nagy és egyenletes sebességgel megy végbe, amely ütés, lökés hatására jön létre. A nyomás a detonációs frontban a 10 GPa értéket is elérheti.

Összehasonlításként az égés illetve a detonáció során felszabaduló energiák aránya körülbelül 1:4, teljesítmények aránya pedig 1:10<sup>7</sup>.

A detonáció eredményeként hő fejlődés közben nagymennyiségű gáz képződik; ez jelentős térfogat-növekedéssel jár, így a nyomás adott térfogatban nagy mértékben megnő.

Robbantás közben szerencsésebb, ha a robbanóanyag nem érintkezik az alakítandó testel. Egyrészt fel kell hívnunk a figyelmet a robbanás nyilvánvaló romboló-roncsoló hatására,

illetve jobb minőségű alakítás érhető el, ha a nyomás egy közvetítő közegen keresztül fejt ki hatását. Ilyen közeg az „egyszerű” levegő is, de fontos szerep jut a víznek, illetve a homoknak, száraz és nedves állapotában is. Természetesen a különböző közegek hatása eltérő. Számunkra kedvezőbb, ha vizet alkalmazunk, hiszen ha ideális folyadéknak tekintjük egy kis túlzással élve összenyomhatatlan közegnek tételezhetjük fel. Ezért az általunk elképzelhető legnagyobb hatásfokkal adja át a nyomást a darabnak, elősegítve annak formázódását.

### **3.2. Alakítás robbantással**

A robbantásos fémmegmunkálás elméletével és gyakorlatával a 40-es évek végén kezdtek el foglalkozni kutatók a Szovjetunióban és az Amerikai Egyesült Államokban. A kutatások kiváltó oka, az ebben az időben megjelenő nagyszilárdságú fémek, és a belőlük készítendő egyre nagyobb méretű munkadarabok igénye volt. A robbanási lökéshullám energiájában próbálták – ma már mondhatjuk, hogy sikerrel – azt az erőt, mely segítséget nyújthat a probléma megoldásában. A robbantásos plattírozás, kerámia- és fémpor tömörítés, valamint a fémalakítás, jelen világunk egyre szélesebb körben alkalmazott technológiai, melyek egyrészt új tulajdonságokkal rendelkező, többféle komponensből álló anyagok létrehozását, másrészt egyszerű, olcsó módszerek alkalmazásával nagyméretű, speciális munkadarabok kialakítását tették, teszik lehetővé.

A robbantással, mint anyagformáló erővel a XIX. század utolsó harmadában kezdtek el foglalkozni a mérnökök, de az igazi fejlődés a II. világháborút követően indult el, amikor a technikai fejlődés új kihívások elé állították a szakembereket. A repülőgép- és hajógyártás egyes munkadarabjainak, valamint az egyéb területen jelentkező, pl. nagyméretű tartályok gyors és nagy pontosságú, lehetőleg egy munkafázisban történő előállítására, a korábbi fémmegmunkálási eljárásokkal egyre kevésbé volt sikeresen végrehajtható.

Nem elhanyagolható szempontként kellett figyelembe venni a gyártás gazdaságosságát sem, mely egyre újabb módszerek, lehetőségek keresését követelte meg az üzemektől és a kutatóintézetektől. Ez azt jelentette, hogy minél kevesebb részegységből, minél kevesebb hegesztési munkával és az ezt követő felület megmunkálási feladattal sikerült az adott formát elkészíteni.

A vegyipar egyre nagyobb méretű tartályokat igényelt, melyek kialakítása megint csak nem volt célszerű, pl. a tartály fenekét több cikkből, hegesztéssel előállítani. Megoldást a fémlemez préselése jelentette. Az 50-es években megjelenő nagyszilárdságú, illetve különleges fémek présgéppel történő alakítására a kor berendezései alkalmatlanok voltak, illetve az anyag minőségét, szerkezeti tulajdonságait rontotta volna. A megoldást a robbantás jelentette, mellyel hideg körülmények között képlékeny, nagy pontosságú alakváltozásra lehet kényszeríteni az anyagot. A módszer rendkívül egyszerű volt: beton illetve műgyanta formába robbantották a kiterített lemezt [5].

### **3.3. A robbantás menete**

Egy robbantás végrehajtásánál számtalan biztonsági előírást kell betartanunk, hiszen nagyon nagy energiákkal dolgozunk, amelyek könnyedén balesetet idézhetnek elő. Csak minősített személy végezheti a robbantást. Ő felel a robbantás akadálymentes és biztonságos levezényléséért, ő irányítja a robbantásban segédkező emberek munkáját, ő határozza meg a robbanóanyag típusát és mennyiségét, és ha minden készen áll ő hozza működésbe a detonátort, és ezután bekövetkezik a robbanás.

Robbantani nem lehet akárhol. Fontos, hogy ne zavarja meg az emberek és a természet nyugalma, illetve ne okozzon felesleges riadalmat. Ezért a Magyar Honvédség egyik



gyakorlóterületét használtuk Ócsán. Ez a terület viszonylag távol esik a környező településektől (Ócsa, Alsópakony). Többféle robbantásra is sor került, hiszen a robbantásos csőalakítás csak egy lehetőség a robbantásos fémalakítás technológiája közül. Sort kerítettünk plattírozásra és portömörítésre is robbantással.

A cső alakításához robbanó zsinórt használtunk. Ez tulajdonképpen műanyag zsinórba burkolt nitropenta por, ami 20 g robbanóanyagot tartalmaz folyóméterenként.

A varratmentes alumínium csövet egy szerszámba helyeztük. A szerszám a robbantás során állt, az egyik szerszám fél egy talppal együtt képez egészet, a másik fél pedig eltávolítható.



**2. kép**



**3.kép**

A szerszám felekben betét található, ami a létrehozni kívánt geometria negatívja (3. kép). A két szerszám felet három vastos gyűrű fogja össze és akadályozza meg szétrepülésüket robbantás során. A szerszám felállítás után összefogtuk a két szerszám felet. Mivel a folyamatos igénybevételek miatt bekövetkezett deformáció miatt a zárás csak egy kis segítséggel sikerült (kalapácsütésekkel). Ez után létrejött üregbe belecsúsztattuk a még alakítatlan csövet (2. kép). Belehelyeztük a robbanóanyagot, melyet központosítanunk kellett, hogy a nyomás a henger belső felületét egyenletesen érje. A cső alját már a legelején lezártuk, ugyanis a csövet fel kellett öntenünk vízzel, mert így a legtökéletesebb az energia közvetítés. A robbanózsinór végéhez rögzítettük a detonátort, és ezután már minden készen állt a robbantáshoz.

Az előírt távolságra visszahúzódtunk a robbantás helyétől és figyeltük az eseményeket. A „ROBBANTÁS” vezényszó elhangzása után a robbantómester működésbe hozta a detonátort, amelyet nagy hanghatás és füst követett, jelezve, hogy a robbantás megtörtént és tulajdonképpen ezzel együtt az alakítás is.



4. kép



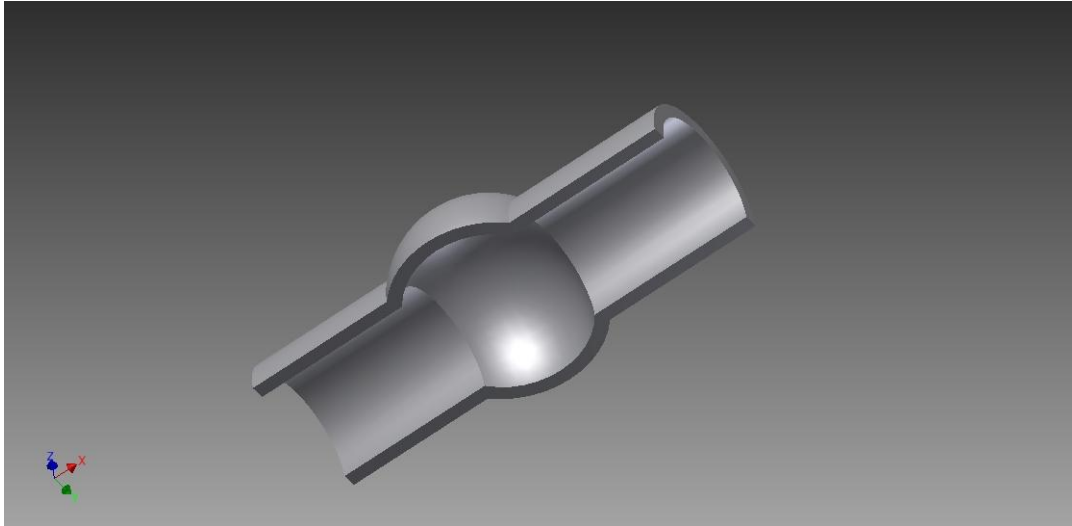
5. kép

Vissza kell utalnom, a szerszám felek deformációjára: ez ugyanis kihat az alakítás eredményességére, minőségére. Emiatt a három gyűrű lecsúszott a szerszám talpához. Ez azonban nem okozott semmi problémát (4. kép).

Ami viszont probléma lett, hogy a két szerszám fél nem zárt tökéletesen, hézagok voltak bizonyos helyeken. Emiatt azokon a helyeken, ahol a darabnak nagyot kellett alakváltoznia (a golyváknál) a két szerszám találkozásánál az anyag szétvált (5. kép). Ez azonban csak a felhasználás szempontjából jelenti a kísérlet eredménytelenségét, az én TDK kutatásom folytatható a meglévő, „hibás” darabbal.

#### 4. AZ ALAKÍTÁS VIZSGÁLATA

Két vizsgálatot végeztünk el a csöveken a robbantás hatásait vizsgálva. Az egyik a falvastagság mérése volt, a másik pedig keménységmérés. A vizsgálatokat az általunk nyár elején alakított alumínium cső mellett egy régebben robbantott acélcsőön is elvégeztük. A körülbelül 80 cm hosszú csöveket több darabra vágták és elfelezték, így jutottunk a vizsgálatra szánt anyagokhoz. Az acélcső körülbelül 100 mm, az alumíniumcső 125 mm hosszú volt, mindegyik darabon egy-egy golyvával, amik a legnagyobb alakváltozás eredményeképpen jöttek létre, így számunkra ezek vizsgálata volt a legérdekesebb.



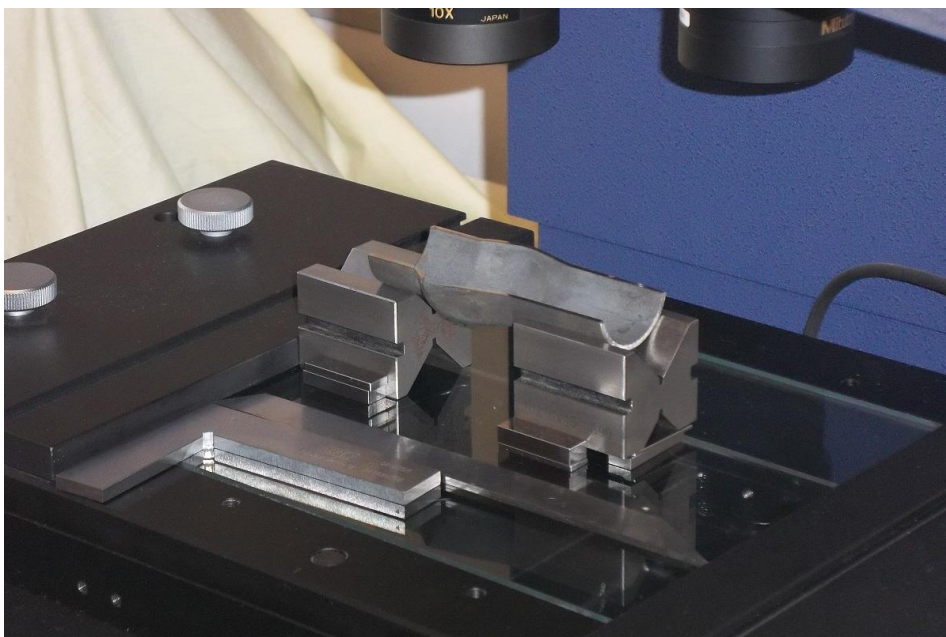
6. kép

#### 4.1 A falvastagság mérése

Ezt a mérést a Bánki Kar Gépgyártástechnológiai Szakcsoportjának mérés technikai laboratóriumában végeztük. A mérőberendezés egy Mitutoyo PJ-H3000-es profil projektor volt (6. kép). A mérés hitelességéhez és értékelhetőségéhez fontos a darab precíz beállítása a mérés előtt. Az első pont, hogy a projektor nagyító lencséje és a mérendő felület párhuzamosak legyenek egymással. Ezt köszörült prizmák segítségével oldottuk meg: ezekben a darab hengeres felülete szépen felfekszik és pontos marad a vizsgálat ideje alatt.

Mivel a golyva előtti és utáni csőszakasz a deformáció következtében nem ugyanolyan magas, ezért az alacsonyabb szakasz alatti prizmát meg kellett emelni. A következő igazítás, hogy a darab pontosan merőlegesen álljon a tárgyasztalon a képzeletbeli y-tengelyhez képest. Ezt derékszögek segítségével teljesítettük. Mérés során az eredményeket a projektor szátkeresztjének az adott ponthoz történő állítása után, digitális kijelzőről olvastuk le.

A mérés tulajdonképpen két részből állt: a külső kontúr megméréséből, illetve konkrét pontokon a falvastagság megmérése.



7. kép

A kontúr mérését egy bázispont felvételével kezdtük. Ez a pont lett az  $x=0$ ;  $y=0$  pont. A mérés során az  $x$  tengely mentén figyeltük  $y$  változását  $y=0$  értékéhez képest. A csövek egyenes szakaszain értelem szerűen nem, vagy csak alig volt változás, ezért itt nagyobb lépésekben haladtunk. A golyvákhoz érve az eredményeket 0,5 mm-enként jegyeztük.

Az alumínium cső mindkét, az acécső egyik oldalát mértük le, az eredményeket az 1.táblázat tartalmazza.

A másik része a vizsgálatnak a konkrét falvastagság megmérése volt a csövek kitüntetett pontjain.

Az acél cső esetében az egyenes részen 1,98 mm-t mértünk falvastagságnak, a golyva csúcsában pedig 1,63 mm-t, a cső  $x=0$  felőli végétől számított  $x=44,32$ -es pontban (ami szintén a golyván található) 1,73 mm-re adódott.

Az alumínium cső egyenes részein a falvastagság 4,93 mm értékű, a golyván mért értékek a következők:

Pont	Falvastagság
A csúcstól -8 mm	3,98 mm
A csúcstól -4 mm	3,895 mm
A golyva csúcsában	3,74 mm
A csúcstól +4 mm	3,975 mm
A csúcstól +8 mm	4,2 mm

Látható, hogy azon a részen, ahol a legnagyobb alakváltozás következett be, a falvastagság körülbelül 1 mm-rel csökkent.

## 4.2 Keménységmérés

Kísérleti munkám vizsgálatának másik pontja volt a cső vágási felületen az anyag keménységének mérése. Mikrokeménység-mérést végeztünk szintén a Bánki Karon, az Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet Anyag- és Alakítástechnológiai Szakcsoportjának P20-as laborjában.

Szintén mind a két fajtájú csövön elvégeztem a vizsgálatokat. A mérés elkezdése előtt, azonban a csöveket egy alumínium keretbe műanyaggal beöntöttük (7. kép), ezzel biztosítva a darab tárgyasztalra való felfekvését és a mérés alatti mozdulatlanságát. Sajnos a csövek deformációja miatt itt is meg kellett egy kis igazítással szüntetni a darab billegését.

Az acélsövön 1,2 kg-os (11,768 N) terhelést alkalmaztunk. A keménységmérő műszerbehatolása, majd lenyomat képzése után azt felemelve és elfordítva egy 20x-os nagyítású mérőmikroszkóp segítségével lemértem a lenyomat átlóját ( $d$ ). Táblázatból kikereshető, hogy ehhez a terhelés alapján ehhez az átmérő értékhez mekkora mikrokeménység érték tarozik vickersben.

Egy referencia pontot választottam ki a fal azon részén, ahol a legkisebb alakváltozást szenvedte el az anyag, feltételezve ezzel, hogy itt áll a keménység legközelebb a még alakítatlan anyag keménységéhez. Itt a keménység 154MHV-re ( $d=120\mu\text{m}$ ) adódott.

A méréseket a dudor mentén ezután milliméterenként végeztem. A legérdekesebb pont a dudor csúcsában található, ez szenvedte el a legnagyobb vastagságcsökkenést, azaz a



legnagyobb alakváltozást. Az itt mért keménység 183 MHV ( $d=109\mu\text{m}$ ), ami várakozásunknak megfelelő.

Az alumínium csövön hasonló módon végeztem a vizsgálatokat. A referencia pontban: 62MHV-t ( $d=76\mu\text{m}$ ), a dudor csúcsában 124 MHV-t ( $d=54\mu\text{m}$ ) mértem.

Az egyéb pontokban mért értékeket a Mellékletek című fejezet 2.táblázatban ismertetem.



8. kép

## 5. TOVÁBBI KUTATÁSI FELADATOK

Világunkban a kutatók és mérnökök minden nap azért fáradoznak, hogy a holnap egyszerűbb, jobb legyen, mint a ma: a technológiák, eszközök folyamatos fejlesztése, újak kidolgozása ad megoldást ezekre a kívánalmakra.

Egy új, esetleg eddig nem a lehetőségeinek megfelelően kihasznált alakítástechnológiának meg kell felelnie a vele szemben támasztott elvárásoknak: gyorsabb, pontosabb és olcsóbb legyen, mint amiket az adott pillanatban alkalmazunk egy feladat megoldására.

Ezekre a válaszokat vizsgálati módszerekkel, tesztekkel találhatjuk meg.

Nem adtam teljes képet erről a technológiáról: egy TDK dolgozat mindig valaminek a kezdete, kerete nem elég nagy, hogy alkalmas legyen egy adott probléma teljes megoldására: erre egy szakdolgozat, doktori disszertáció ad lehetőséget.

Fontos lenne még vizsgálni az anyagszerkezetének metallográfiai változását, hogyan módosult a szövetszerkezet.

Repedés vizsgálat kimutathatja, hogy a darabon az alakítás során gyarapodott-e a számuk, méretük növekedett-e. A cső a benne uralkodó nyomásváltozás hatására ismétlődő igénybevételnek lehet kitéve, elfáradhat: ezért fontos vizsgálatuk. Ennek módszere lehet valamilyen hibakereső vizsgálat: mágneses repedésvizsgálat(alumíniumnál nem alkalmazható), penetráló folyadékvizsgálat, esetleg ultrahangvizsgálat.

A technológia tényleges sorozatgyártásba állításához, ipari felhasználásához nem csak műszaki, de gazdasági kérdésekre is választ kell adni, mely már egy más jellegű dolgozat témája lehet.

## 6. ÉRTÉKELÉS, ÖSSZEFOGLALÁS

Tudományos Diákköri Dolgozatom középpontjában egy különleges alakítástechnológia áll: a robbantással végzett anyagalakítás, valamint egy ezzel a technológiával készített cső vizsgálata.

A robbantásos alakítás nagysebességű anyagalakító technológiák közé tartozik, mellyel intenzíven a II. világháború után kezdtek el foglalkozni, mind a Szovjetunióban, mind az Amerikai Egyesült Államokban.

Ez a technológia megadta a megoldást nagy szilárdságú lemezek alakítására, ami elegendően nagy energia hiányában nem volt addig kivitelezhető. Az ipar azóta befogadta ezt a technológiát: repülőgép sárkány-darabok, tartányelemek, űrsikló fűvóka harangok készültek segítségével. Ám mi a helyzet az egyéb megmunkálásokkal: segítségével eredményesen lehet csöveket is alakítani, ráadásul varratmentesen. Mindez anyag és energia megtakarítást jelent, és mivel egy lépésben az alakítás elvégezhető idő is nyerhető.

Tudnunk kell azonban, hogy milyen hatással jár ez az anyagra nézve: nem lesz-e baja, bírja-e a használat során jelentkező hatásokat, igénybevételeket.

Ezekre kerestem a választ dolgozatomban egy rövid anyagtudományi összefoglalás után.

Megállapíthatjuk, hogy a darab alakváltozása nagymértékű: a falvastagság mindkét anyagnál 20%-al csökkent a golyvákénál. Ezzel szinkronban a darab keménysége nagymértékben növekedett: acél esetében 19%-ot, alumínium esetében, ez az érték 100%. Ezt a durva eltérést betudhatjuk az alumínium nagyobb keményedőképességének.

A robbanás maga a víz feltöltésnek köszönhetően nem okozott szövetszerkezeti károsodásokat, melyeket szemmel észlelhettünk volna. További vizsgálatokra a dolgozat 5.fejezete tesz javaslatot.

## 7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Itt szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek: Dr. Rácz Pálnak és Szalay Andrásnak, akik energiájukat és idejüket nem kímélve vezették kutatásomat.

Köszönettel tartozok továbbá Tamás Andrásnak és Szentgyörgyi Lászlónak, akik a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, BUEHLER metallográfiai laboratóriumában előkészítették a vizsgálathoz a munkadarabot.

A mérésekben nyújtott segítségéért hálás vagyok Kis Ferencnek és Nagyné Halász Erzsébetnek.

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.

## 8. FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Tisza Miklós: Képlékeny alakítás

[2] Dr. Gillemot László: Anyagszerkezettan és anyagvizsgálat; Tankönyvkiadó, Budapest, 1972.

[3] Verő József: Fémten; Tankönyvkiadó, Budapest, 1969

[4] Dr. Zorkóczy Béla: Metallográfia és anyagvizsgálat; Tankönyvkiadó, Budapest, 1975



[5] Dr. Lukács László- Szalay András- Dr. Zádor István: Robbantásos fémalakítás és a repüléstechnika, Repüléstudományi Közlemények Konferencia Különszám 2012. 2. szám, pp. 431-446.

[6] William Hosford- Robert Caddel : Metal forming, mechanics and metallurgy, Cambridge

## 9. MELLÉKLETEK

### 1. táblázat

Al törés ellentett oldala

x	y	x	y	x	y
0	0	37,5	2,18	56,5	2,01
12	0	38	2,33	57	1,89
17	0,034	38,5	2,46	57,5	1,75
17,5	0,06	39	2,575	58	1,625
18	0,072	39,5	2,68	58,5	1,505
18,5	0,08	40	2,8	59	1,375
19	0,08	40,5	2,9	59,5	1,265
19,5	0,08	41	3	60	1,15
20	0,09	41,5	3,09	60,5	1,03
20,5	0,095	42	3,2	61	0,92
21	0,1	42,5	3,3	61,5	0,82
21,5	0,1	43	3,34	62	0,705
22	0,1	43,5	3,41	62,5	0,59
22,5	0,115	41	3	63	0,49
23	0,115	41,5	3,09	63,5	0,39
23,5	0,115	42	3,2	64	0,295
24	0,115	42,5	3,3	64,5	0,205
24,5	0,115	43	3,34	65	0,12
25	0,115	43,5	3,41	65,5	0,03
25,5	-0,095	44	3,465	66	-0,035
26	-0,08	44,5	3,5		
26,5	-0,07	45	3,54		
27	-0,06	45,5	3,56		
27,5	-0,04	46	3,56		
28	-0,01	46,5	3,57		
28,5	0,04	47	3,57		
29	0,1	47,5	3,56		
29,5	0,16	48	3,55		
30	0,25	48,5	3,53		
30,5	0,355	49	3,48		
31	0,465	49,5	3,45		
31,5	0,57	50	3,39		
32	0,69	50,5	3,305		
32,5	0,8	51	3,236		
33	0,92	51,5	3,16		
33,5	1,055	52	3,05		
34	1,2	52,5	2,95		
34,5	1,32	53	2,855		
35	1,47	53,5	2,74		
35,5	1,61	54	2,5		
36	1,755	55	2,38		
36,5	1,9	55,5	2,25		
37	2,04	56	2,12		

Al törés oldala		Acél cső	
x	y	x	y
0	0	20	0
9	0,025	34	0,02
15	-0,027	35	0,03
28	-0,027	36	0,07
28,5	0,015	37,5	0,1
29	0,083	38	0,13
29,5	0,235	38,5	0,155
30	0,477	39	0,19
30,5	0,845	39,5	0,255
31	1,24	40	0,355
31,5	1,565	40,5	0,45
32	1,76	41	0,57
32,5	2,075	43	1,09
33	2,08	45	1,61
33,5	2,23	47	2,18
34	2,375	49	2,695
34,5	2,52	51	3,22
35	2,66	53	3,75
35,5	2,8	54	3,99
36	2,96	55	4,2
36,5	3,12	56	4,4
37	3,235	57	4,56
37,5	3,375	58	4,7
38	3,5	59	4,76
38,5	3,63	60	4,82
39	3,745	61	4,76
39,5	3,87	62	4,76
40	3,965	63	4,65
40,5	4,09	64	4,5
41	4,19	65	4,32
41,5	4,335	66	4,1
42	4,455	67	3,88
42,5	4,58	68	3,64
43	4,72	69	3,39
43,1	4,74	70	3,095
43,2	4,785	71	2,8
43,3	4,825	72	2,45
43,5	4,86	73	2,1
44	4,975	74	1,71
44,5	5,07	75	1,228
45	5,16	75,5	1,28
45,5	5,22	76	0,66
46	5,28	76,2	0,53
46,5	5,32	76,5	0,375
47	5,32	77	0,2
47,5	5,26	77,5	0,095
48	5,15	78	0,065
48,5	5,02	79	0,025
		80	0

## 2. táblázat

### 2. a. Alumínium cső keménységértékei

X	d[ $\mu\text{m}$ ]	MHV 0,2	X	d[ $\mu\text{m}$ ]	MHV 0,2
REF	76	62,95543	41	67	81,00481
1	74	66,40442	42	64	88,777
2	87	48,04209	43	59	104,4615
3	65	86,06641	44	61	97,72389
4	59	104,4615	45	67	81,00481
5	73	68,23618	46	64	88,777
6	70	74,21032	47	61	97,72389
7	69	76,37693	48	67	81,00481
8	65	86,06641	49	65	86,06641
9	58	108,0947	50	60	101,0085
10	65	86,06641	51	64	88,777
11	60	101,0085	52	62	94,59693
12	61	97,72389	53	61	97,72389
13	58	108,0947	54	65	86,06641
14	57	111,9208	55	62	94,59693
15	56	115,9536	56	66	83,4781
16	56	115,9536	57	64	88,777
17	57	111,9208	58	66	83,4781
18	64	88,777	59	64	88,777
19	61	97,72389	60	66	83,4781
20	64	88,777			
21	59	104,4615			
22	64	88,777			
23	66	83,4781			
24	59	104,4615			
25	64	88,777			
26	64	88,777			
27	54	124,7018			
28	58	108,0947			
29	57	111,9208			
30	64	88,777			
31	59	104,4615			
32	59	104,4615			
33	62	94,59693			
34	61	97,72389			
35	57	111,9208			
36	66	83,4781			
37	66	83,4781			
38	64	88,777			
39	64	88,777			
40	63	91,61768			

**2. b. Az acélcső keménység értékei**

X	d[ $\mu\text{m}$ ]	MHV 1,2	X	d[ $\mu\text{m}$ ]	MHV 1,2
1	104	201,7151	41	112	173,9278
2	112	173,9278	42	112	173,9278
3	115	164,9717	43	109	183,6335
4	114	167,8786	44	111	177,0757
5	109	183,6335	45	112	173,9278
6	111	177,0757	46	114	167,8786
7	120	151,5104	47	116	162,1396
8	117	159,3798	48	116	162,1396
9	112	173,9278	49	110	180,3099
10	111	177,0757	50	119	154,0675
11	114	167,8786	51	118	156,6899
12	114	167,8786	52	117	159,3798
13	111	177,0757	53	113	170,863
14	115	164,9717	54	113	170,863
15	112	173,9278	55	113	170,863
16	113	170,863	56	113	170,863
17	110	180,3099			
18	113	170,863			
19	112	173,9278			
20	117	159,3798			
21	118	156,6899			
22	113	170,863			
23	109	183,6335			
24	114	167,8786			
25	113	170,863			
26	116	162,1396			
27	112	173,9278			
28	111	177,0757			
29	112	173,9278			
30	109	183,6335			
31	109	183,6335			
32	111	177,0757			
33	116	162,1396			
34	113	170,863			
35	113	170,863			
36	115	164,9717			
37	111	177,0757			
38	109	183,6335			
39	113	170,863			
40	113	170,863			

Völgyi Bálint – Sikari-Nágl István<sup>1</sup>

## ROBBANTÁSSAL PLATTÍROZOTT ACÉL/ALUMÍNIUM LEMEZPÁR KEMÉNYSÉGVIZSGÁLATA<sup>2</sup>

**Absztrakt:** A dolgozat bemutatja a kontaktkorróziós probléma létrejöttének jelenségét, okát, következményeit, valamint ismerteti az általunk választott problémamegoldást. Egy aktuális eseten szemlélteti a szóban forgó korróziós probléma jelentőségét és a lehetséges károk mértékét.

A fő téma a robbantásos plattírozás és az ezzel létrehozott (esetünkben acél-alumínium) kompozit tulajdonságainak vizsgálata, az anyagok közt kialakult kötés megfelelőségének eldöntése. Leírásra kerülnek általánosságban a robbantásos plattírozás lépései, technológiája, valamint a munka során szerzett tapasztalatok.

Bemutatásra kerülnek a választott alumínium és acél anyagok robbantás előtti, ill. az utáni tulajdonságai. Ismerteti a mintavétel folyamatát, annak irányelveit, és a minták előkészítését. Ismertetésre kerülnek a mikrokeménység mérésének és a szövetszerkezet és a kötés határfelületeinek mikroszkóppal történő vizsgálatának eredményei.

A befejező rész bemutatja a mérési eredmények kiértékelésének menetét, a konzekvenciák levonását, az esetleges hibák feltárását és azok javítására történő elképzeléseket.

**Kulcsszavak:** robbantás, plattírozás, kompozit, kontaktkorrózió

### 1. CÉLKITŰZÉS

A célunk egy olyan többrétegű lemezpár létrehozása volt, amely sok egyéb felhasználási lehetősége mellett nagyfokú védelmet biztosít a kontaktkorróziós jelenséggel szemben, valamint e kompozit alkotó lemezei közt kialakult kötés vizsgálata, az eredmények kiértékelése, ill. az előállítási technológia kiismerése.

---

<sup>1</sup> Óbudai Egyetem – Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar  
[balint.volgyi@freemail.hu](mailto:balint.volgyi@freemail.hu), [istvan.sikari.nagl@gmail.com](mailto:istvan.sikari.nagl@gmail.com)

<sup>2</sup> Az ÓE BGBMK 2012. évi, őszi Intézményi Tudományos Diákköri Konferenciájára készített dolgozat szerkesztett változata. Konzulens: dr. Kovács-Coskun Tünde

## 2. SZAKIRODALOM ELEMZŐ FELDOLGOZÁSA

### 2.1. Kutatásunk során felhasznált szakirodalmak

Kutatómunkánk során feldolgoztuk dr. Mueller Othmár Robbantástechnikai gyűjteményét, a Nemzeti Közszerológálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Karának Központi Könyvtárában, ami által hasznos információkhoz jutottunk a robbantásos fémmegmunkálás témakörében. A talált irodalmakat táblázatba rendszereztük és a 1. számú mellékletben csatoltuk a dolgozathoz.

### 2.2. A kontaktkorrózióról

A kontakt- vagy más néven érintkezési korrózió oka két különböző potenciálú fém fémes kapcsolata elektrolit, pl. nedvesség vagy elektromosan vezető folyadék egyidejű jelenlétében. Ekkor az érintkezési helyen a kevésbé nemes fém korróziója annyival erősebb, amennyivel kisebb a nemesebb fémhez viszonyított felülete. A feszültséggyűjtő hatás megnövekszik és a korróziós termékek lerakódása különféle másodlagos hatást fejthet ki, pl. berágódást, zagyképződést, a közeg elszennyeződését, stb. [1]

Erre a típusú korrózióra jó példa a USS Independence névre keresztelt, LCS 2 típusú alumínium törzsű hadihajó esete, melyet Amerikai Egyesült Államok haditengerészete számára az Austal Ltd. gyártott. A hajó acélból készült meghajtási rendszerében 2010. januárjában, vadonat új korában fedezték fel a kontaktkorróziót. Ezeknek a típusú hajóknak a legyártatása darabonként 680 millió USD-ba, az üzemeltetése évi 36,6 millió USD-ba került a haditengerészet számára az eredeti költségvetés szerint. Eredetileg tervezett élettartamuk 25 év, a típusból a haditengerészet 55 darabot rendelt. A hiba felfedezésekor felmerült a gyártás teljes leállítása is, ám végül sikeres volt a javítás a hajók szárazdokkolásának, valamint a meghajtási rendszer kulcselemeinek szétszerelése árán. [2]



1. ábra: USS Independence, fotó: Austal Ltd [3]

Az ehhez hasonló kontaktkorróziós problémák több módon is elkerülhetők, mint pl.:

- kis potenciálkülönbségű fémek párosítása
- a fémek közötti szigetelés alkalmazása



- elektrolitképződés elkerülése
- irányított korrózió létrehozása [1]

Amennyiben konstrukciós okok miatt (pl. adott az alumínium hajótest és a hajtómű párosítása, a tengervíz, mint elektrolit megkerülhetetlen) a hagyományos javallatok alkalmazása nem lehetséges, illetve mint jelen esetben, gazdasági okok miatt a hajókról lemarad az egyébként szokásos anódos kontaktkorrózió elleni védelem [3] plattírozott kompozit lemezek használata szükséges, mivel itt a két különböző anyagú lemez közé az elektrolit nem tud behatolni, így a korrózió nem indul meg. Jelentősen eltérő tulajdonságú fémek, mint az acél és alumínium esetén a plattírozás hengerléssel nem, csak nagy sebességű eljárással, jelen esetben robbantással valósítható meg.

### 2.3. A robbantásos plattírozás elvi alapjai

A robbantásos plattírozást különböző anyagú és minőségű fémlamezek felületi kötésének létrehozására alkalmazzuk. Az e technológiával kialakított kötések vákuumzáróak és az utólagos alakítási műveletek (hengerlés, kivágás) igénybevételeit elviselik.

A plattírozott lemezek egyesítik az alkotó fémek jellegzetességeit, ez által lehetőséget adva a gazdaságos és célirányos alkatrésztervezésre. A hagyományosan hengerléssel végzett plattírozási eljárás alkalmazhatóságát korlátozza az a tény, hogy a kötendő fémek fizikai, mechanikai tulajdonságai nem lehetnek nagymértékben eltérőek, továbbá a lemezzvastagságok aránya kötött.

A robbantásos plattírozás ezen korlátokat nagyrészt feloldja: egyrészt igen eltérő képlékenységgű, olvadáspontú és hőtágulási együtthatójú fémek egyesíthetők, valamint a lemezzvastagságok aránya is tág határok között változtatható. [4]

#### *A kötés kialakulásának mechanizmusa:*

A plattírozás energiaforrása a robbanóanyag, „szerszáma” a detonáció kiváltásával létrehozott nagy energiatartalmú nyomáshullám. A robbanóanyag detonációja állandó, reprodukálható sebességgel játszódik le. A keletkezett gázok nyomása:  $p = v_d^2 \rho_0 \frac{(\rho - \rho_0)}{\rho}$

Ahol:  $v_d$ : robbanóanyag detonáció sebessége [m/s]

$\rho_0$ : robbanóanyag sűrűsége [kg/m<sup>3</sup>]

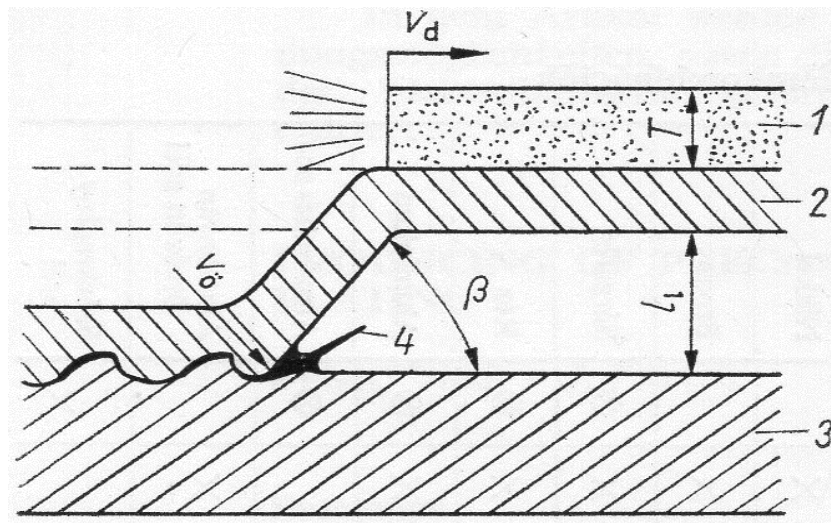
$\rho$ : a detonáció által létrehozott gázok sűrűsége [kg/m<sup>3</sup>]

( $p$  értéke  $10^9 \dots 10^{10}$  Pa nagyságrendű)

	Zr	Mg	Stellit	Pt	Au	Ag	Nb	Ta	Hastalloy	Ti	Ni ötvözet	Cu ötvözet	Al	Kor. álló acél	Ötvözött acél	Ötvözetlen acél
Ötvözetlen acél	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ötvözött acél	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	
Korrózióálló acél			x		x	x	x	x		x	x	x	x	x		
Alumínium		x				x	x	x		x	x	x	x			
Cu ötvözet						x	x	x		x	x	x				
Ni ötvözet		x		x	x			x	x	x	x					
Titán	x	x				x	x	x		x						
Hastalloy									x							
Tantál					x		x	x								
Nióbium				x			x									
Ezüst						x										
Arany																
Platina				x												
Stellit 6B																
Magnézium		x														
Cirkónium	x															

1. táblázat: Robbantásos plattírozással köthető anyagpárosítások: [5]

Az eljárás alapelvét a 2. ábra szemlélteti.

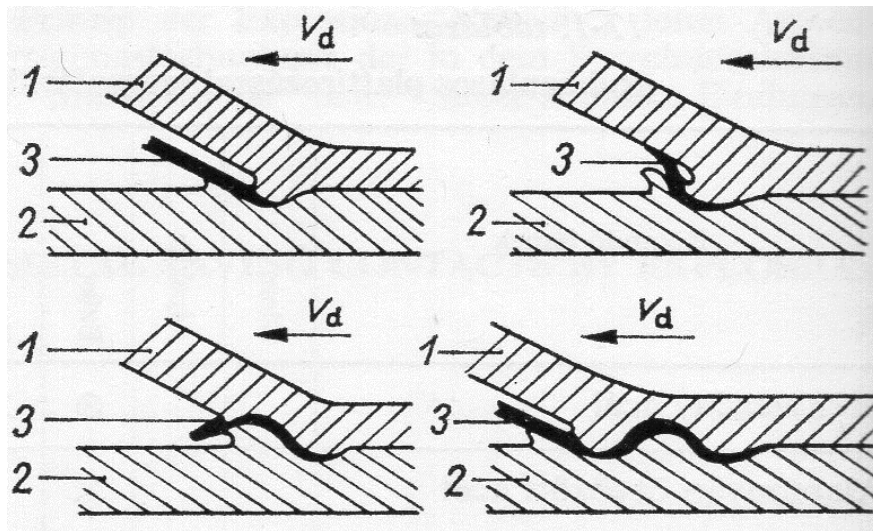


2. ábra: Fémlémezek robbantásos plattírozásának elve [4]

1 robbanóanyag; 2: burkolólemez; 3: alaplemez; 4 megolvadt fémsugár;  $v_d$ : a robbanóanyag detonációsebessége;  $v_0$ : a burkolólemez és az alaplemez összecsapódásának sebessége;  $l_1$ : a burkolólemez és az alaplemez közötti távolság robbantás előtt;  $T$ : a robbanótöltet vastagsága

A robbanás előidézése után a detonáció  $v_d$  sebességgel terjed a robbanóanyagban. A létrejött gáz halmazállapotú termékek nyomása nagy sebességgel terjed át a burkolólemezre, amely néhány száz m/s sebességre gyorsul fel és az  $l_1$  „légrésen” átrepülve a sebességtől, tömegtől, elrendezéstől függő  $\beta$  szögben csapódik rá az alaplemezre.

A burkolólemez és az alaplemez összecsapódásánál fellépő nagy nyomás miatt az alaplemez benyomódik és mellette kidudorodás jön létre. Ugyanakkor az összecsapódási zónából kifröccsen egy megolvadt fémsugár, amely az alaplemez és a burkolólemez anyagából tevődik össze. A fémsugár létrejötté következtében a lemezekon fémtiszta felületek alakulnak ki, amelyek adhéziós kapcsolatba kerülnek egymással. A fémsugarat a folyamat előrehaladása során az alapfém kidudorodása fokozatosan eltéríti, és a rácsapódó burkolólemez bezárja. Ezután a kapcsolódási pont a kidudorodás tetejére tevődik át, majd az egész ciklus megismétlődik, melynek eredménye a jellegzetes hullámformájú kötés (3. ábra). [4]



3. ábra: A robbantásos kötés kialakulásának mechanizmusa [4]

1: burkoló lemez; 2: alaplemez; 3: megolvadt fémsugár

#### ***A fémes kötés létrehozásának feltételei:***

Jó minőségű kötés létrehozása érdekében a technológia paramétereit úgy kell méretezni, hogy az összecsapódás pontjában a fémek képlékeny alakváltozása bekövetkezzék, de a fellépő feszültségek a fémeket ne roncsolják. Ezen feltételek a  $v_d$  detonáció sebesség, és a  $v_0$  összecsapódási sebesség megfelelő értékével, valamint a kötendő felületek tisztításával biztosíthatók. [3]

#### ***A detonációs sebesség hatása:***

A detonáció sebességével tovaterjedő rövid idejű nyomásimpulzus hatására a fém felületén kialakuló feszültségek a detonáció sebességétől függően különböző módon terjedhetnek a fém belseje felé.

Hangsebesség alatti detonáció esetén ( $v_d < v_h$ , ahol  $v_h$  a hang terjedési sebessége az adott fémekben) képlékeny alakváltozás alakul ki a fém felületén, mely a közölt energia egy részét elnyeli. A fémekben tovaterjedő nyomáshullám nem veszélyes sem a fémre, sem a kötésre. [3]

Hangsebesség feletti detonációs sebesség esetén ( $v_d > v_h$ ) képlékeny alakváltozás nem alakul ki. A fémekben erősen lokalizált lökéshullámok jönnek létre, melyek a fém megrongálódásához vezetnek.

Tehát a sikeres plattírozás egyik alapfeltétele:  $\frac{v_d}{v_h} < 1$  [3]

### Az összecsapódási sebesség hatása:

A lemezek összecsapódásának pontjában kialakuló nyomást a repülő burkolólemez vő sebessége határozza meg. A sebesség értékét a burkolólemezre ható erőimpulzusból lehet meghatározni.

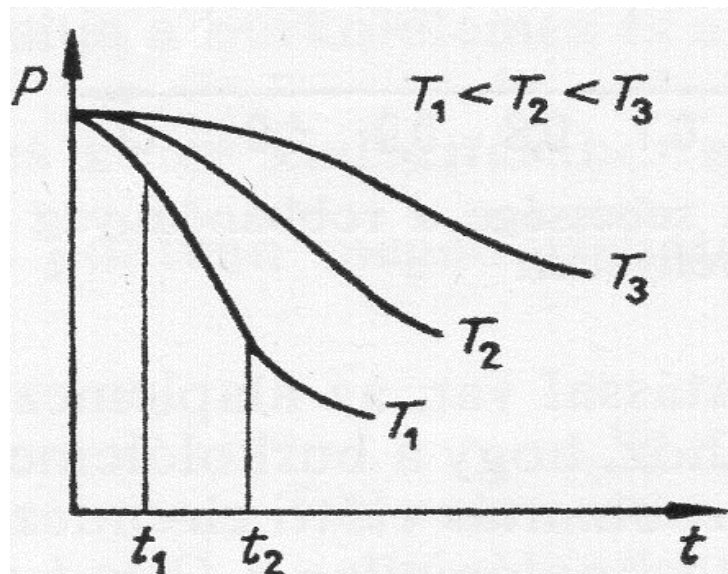
$$J = \int p dt$$

Ahol: J: a burkolólemez egységnyi felületére ható erőimpulzus [N/m<sup>2</sup>]

p: a detonáció kiváltásával létrehozott gázok nyomása [Pa]

A p nyomás nagysága a robbanóanyag paramétereitől függ, hatásának időtartalma pedig a töltetvastagsággal arányos.

Az erőimpulzus nagysága egyenlő a 4. ábrán feltüntetett  $p = f(t)$  függvényen a megfelelő T töltetvastagsággal paraméterezett görbe alatti területtel. [3]



4. ábra: A detonációs nyomás hatásának időtartalma a töltetvastagság függvényében [4]

Az előzők figyelembevételével mondhatjuk, hogy végeredményben a burkolólemez felületegységre ható erőimpulzus:

$$J = kT\rho_0$$

Ahol: k: arányossági tényező

T: robbanó töltet vastagsága [mm]

$\rho_0$ : robbanóanyag sűrűsége [kg/m<sup>3</sup>]

Ugyanakkor az is igaz, hogy:

$$J = m_b v_{\ddot{o}} = \rho_b l_b v_{\ddot{o}}$$

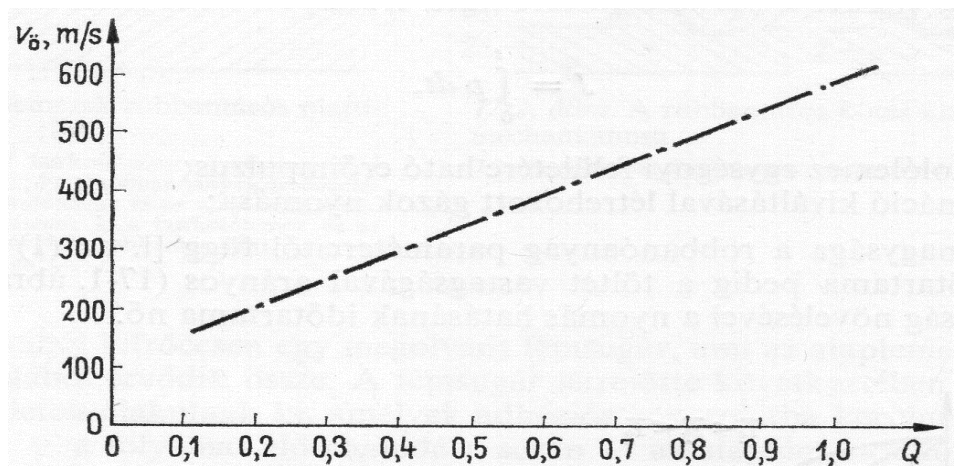
Ahol:  $m_b$ : burkolólemez egységnyi felületének tömege [kg/m<sup>2</sup>]

$\rho_b$ : burkolólemez sűrűsége [kg/dm<sup>3</sup>]

$l_b$ : a burkolólemez vastagsága [mm]

$$v_{\ddot{o}} = k \frac{T \rho_0}{l_b \rho_b} = kQ$$

Tehát a burkolólemez sebessége az összecsapódás pontjában arányos a Q paraméterrel, a robbanóanyag és a burkolólemez tömegének arányával. [3]



5. ábra: A lemezek összecsapódásának sebessége a robbanóanyag és a burkolólemez tömegarányának függvényében [4]

A vő sebesség nagyságára természetesen hatással van a kötendő lemezek közt hagyott  $l_1$  távolság („légrés”). Ahhoz ugyanis, hogy a burkolólemez a becsapódáskor a megfelelő vő értékre gyorsulhasson, a lemezek robbantás előtti elrendezésénél biztosítani kell egy minimális „utat”. [3]

Végeredményben tehát a vő összecsapódási sebesség értékét a Q és az  $l_1$  paraméter megfelelő megválasztásával biztosíthatjuk.

A kísérletek eredményeinek tapasztalatai alapján a megfelelő Q és  $l_1$  értékek:

$$0,5 < Q < 1,5$$

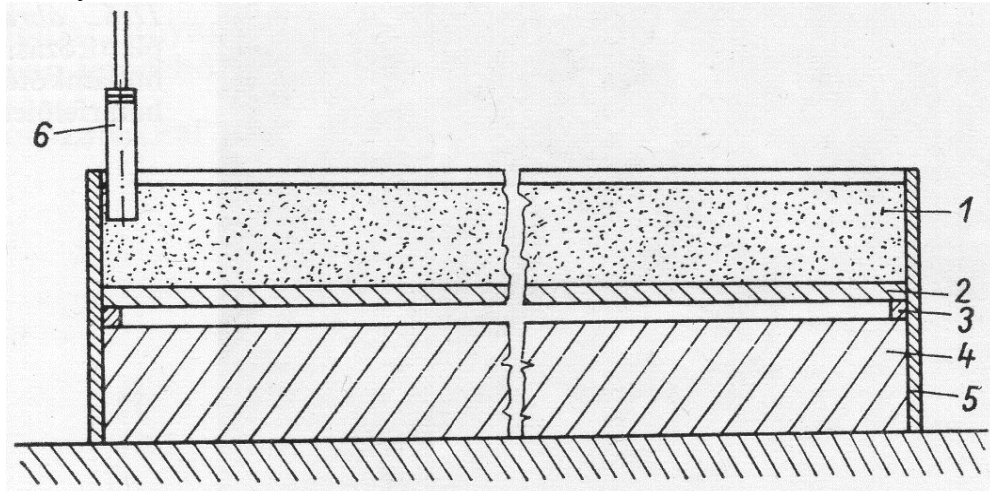
$$0,5 l_b < l_1 < 1,6 l_b \quad [3]$$



### 3. AZ ÁLTALUNK ELVÉGZETT KÍSÉRLET BEMUTATÁSA

#### 3.1. A plattírozott lemezek, minták előállítása

A kötés megtervezését az S-Metalltech 98 Anyagtechnológiai Kutató-Fejlesztő Kft. végezte el számunkra, akik már bővebb tapasztalatokkal rendelkeznek a robbantásos fémmegmunkálás terén. A tervezés során a következő anyagokat és paramétereket alkalmazták, melyet a 6. ábra szemléltet:



6. ábra: Acél-alumínium plattírozás elvi elrendezése [4]

**1 - robbanóanyag:** PERMON 10T: Ammóniumnitrát alapú, TNT bázisú, kezelésbiztos robbanóanyag.

Típus: por  
Gáztérfogat:  $928 \text{ dm}^3/\text{kg}$   
Detonáció sebesség:  $3200 \text{ m/s}$   
Sűrűség:  $850 \text{ kg/m}^3$

**2 – burkolólemez:** S235JR  
vastagsága:  $l_b = 2 \text{ mm}$

**3 – légrés távtartója;**  
Légrés nagysága:  $1,5 \text{ mm}$

**4 – alaplemez:** 1050A  
vastagsága:  $l_a = 10 \text{ mm}$

A robbantást lőtéren, szakember segítségével végeztük.

A gyakorlatban többnyire a nagyobb szilárdságú fém az alaplemez, esetünkben kísérleti jelleggel a kisebb szilárdságú fém volt az alaplemez, és a nagyobb szilárdságú „repült”. Erre az irodalomban található kísérletek közt idáig nem találtunk példát.



7. ábra: A lemezek és a robbanóanyag elrendezése



8. ábra: Az alaplemezen látható a kifröccsent olvadék <sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Optimális esetben ilyen mértékű olvadék kifröccsenés nem jön létre.

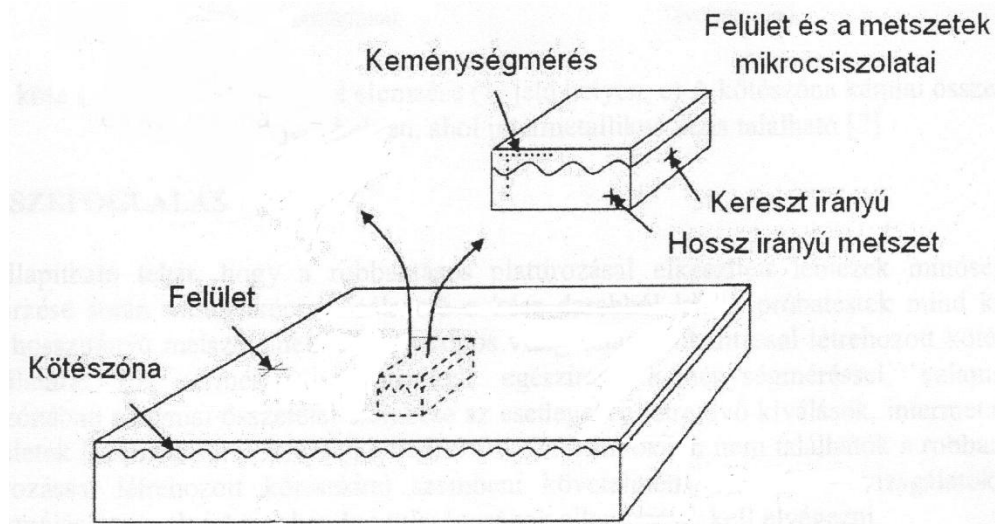
Az elkészített alapanyagot különböző anyagvizsgálati módszerekkel minősíthetjük. A hegesztett kötések vizsgálata során roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatokat kell végezni. A robbantásos plattírozással létrehozott varratok vizsgálatánál azonban bizonyos módszerek kevésbé használhatóak, tekintettel a kialakuló varratalakra. A legtöbb információt a plattírozott lemezből kiemelt próbatetek mikrocsiszolatainak vizsgálatai, valamint a kötészóna környezetének keménység-, esetleg mikrokeménység-mérése eredményezi. 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 mindkettő) lemez megolvad, a kötészónában heg képződik, mely lehet a két anyag keveredéséből, illetve létrejöhetnek intermetallikus zónák, melyek a kötés minősége szempontjából károsak. A mikroszkopikus vizsgálatokhoz a kivett próbatetek felületét polírozott finomságúra kell elkészíteni. [6]

A plattírozott lemezből kérésünkre hossz, valamint keresztirányú metszeteket vágtak ki. Az NKE munkatársai közreműködésével, az NKE HHK, BUEHLER metallográfiai laboratóriumában készültek el a csiszolatok, valamint a mikroszkopikus felvételek.

Mindkét metszetet NaOH-ban marattuk, de sajnos sikertelenül. Egy keresztirányú metszetet megmarattunk 5%-os nitállal 20 s-ig. Mint ahogy az várható volt, ennek eredménye csak az acélon volt észlelhető, de ez már megnövelte a két réteg közötti kontrasztot a későbbi mikroszkopikus vizsgálatokhoz.

#### ***A csiszolatok készítéséhez használt eszközök:***

- Csiszolás: Buehler Phoenix 4000 automatikus csiszoló-polírozó gép
- Beágyazás: Buehler Simplimet 2000 beágyazó gépen, TransOptic anyagba (180°C hőmérsékleten, 200 bar nyomáson)



9. ábra: A mintavétel irányelvei [6]



10. ábra: A befoglalt keresztirányú metszet

### 3.2. A mintákon elvégzett vizsgálatok bemutatása

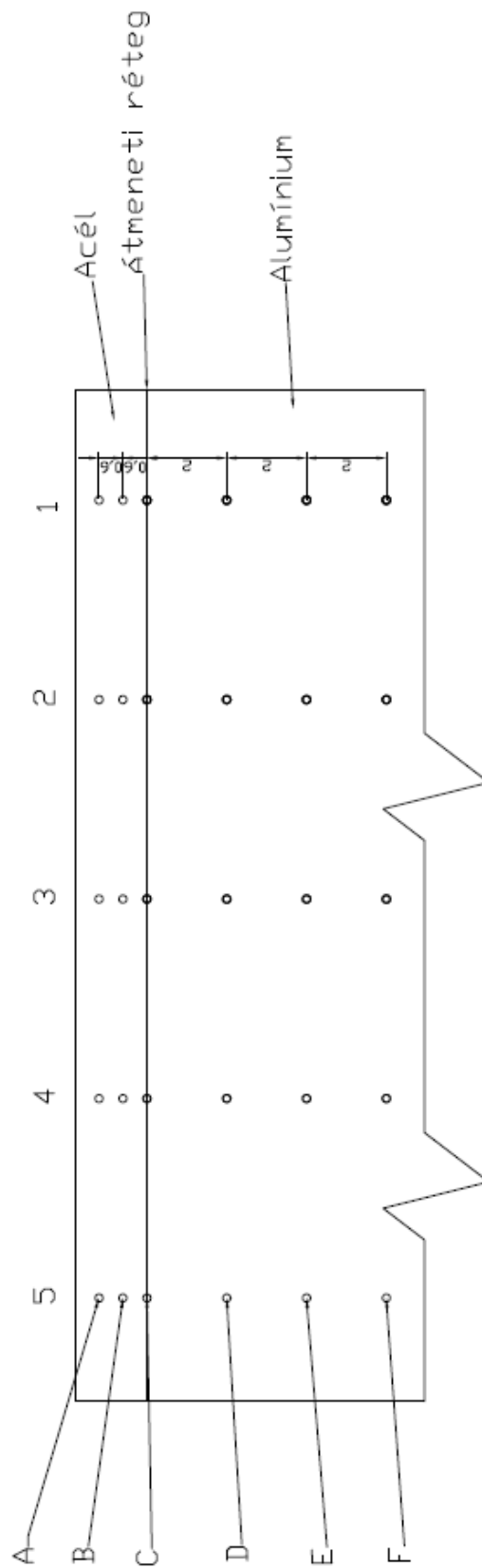
Az elsődleges célunk volt azt megvizsgálni, megvalósult-e a plattírozás annak ellenére, hogy korábbi tapasztalatok, vagy hasonló kísérletek hiányában próbáltuk úgy véghez vinni, hogy a magasabb szilárdságú fém volt a repülő lemez. Ezen felül annak ellenőrzése, hogy a létrejött kötés valóban tartós és kellően szilárd-e. Feltételeztük, hogy létre fog jönni egy intermetallikus zóna, mely esetben ezt is meg kívántuk vizsgálni.

A robbantásos plattírozás egy olyan kötéstehnológia, melynek során a két alapfém valamilyen módon keveredik, adhéziós kapcsolatot hoz létre. Ilyen esetekben a kötés szilárdsági vizsgálatainak egy fontos módszere a (mikro) keménységmérés az alapfémeken és a kötészónában. A csiszolatokon mikrokeménység-mérést végeztünk, kereszt- és hosszirányban egyaránt. A méréshez használt berendezés adatai:

- Típusa: ZWICK 3212
- Kalibrálás dátuma: 2000. 02. 11.
- Etalon: 323
- Keménység:  $767 \pm 22\text{HV}$
- Név. átlag: 772HV

A mérés az ÓE-BGK Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézetének P20-as laborjában történt. A mérési pontok felvételét a 10. ábra szemlélteti. A vizsgálat az acél esetében 1,2 kg-os, a kötészóna környezetében és az alumínium felületén 0,2 kg-os terheléssel történt, 15 másodperces terhelési időtartamokkal.

A mérésből nyert adatokat a 2. és 3. számú táblázat tartalmazza.



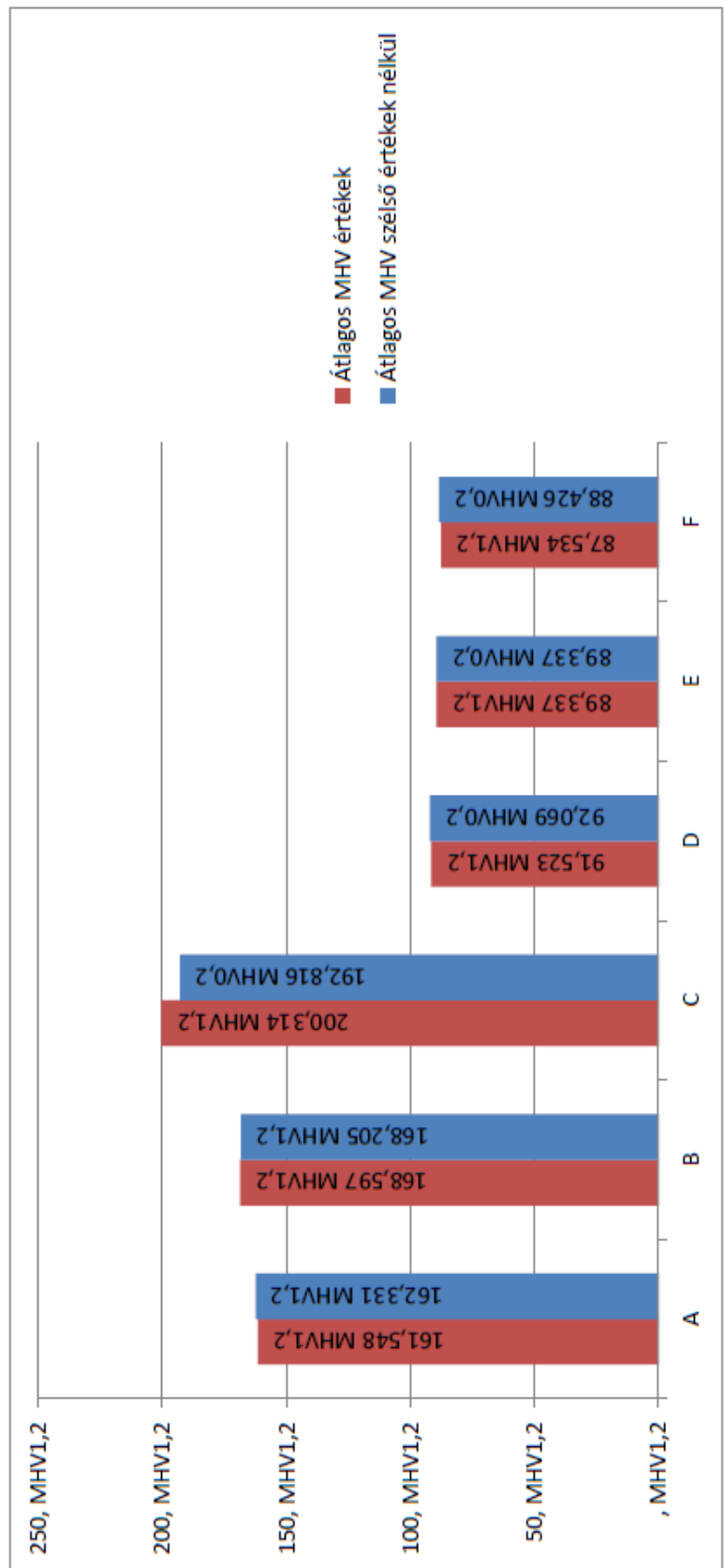
11. ábra: A mérési pontok elrendezése a metszeteken



Mérési pont	Mérési sor					Mérési pont MHV átlaga a szélső értékek nélkül	Mért keménység szórása	Mérési pont MHV átlaga
	1	2	3	4	5			
A	117 163,31 µm MHV1,2	118 160,374 µm MHV1,2	117 163,31 µm MHV1,2	117 163,31 µm MHV1,2	119 157,437 µm MHV1,2	162,331 MHV1,2	2,626	161,548 MHV1,2
B	116 166,247 µm MHV1,2	115 169,184 µm MHV1,2	115 169,184 µm MHV1,2	114 172,121 µm MHV1,2	116 166,247 µm MHV1,2	168,205 MHV1,2	2,457	168,597 MHV1,2
C	39 249,775 µm MHV0,2	47 173,349 µm MHV0,2	41 223,407 µm MHV0,2	46 181,692 µm MHV0,2	47 173,349 µm MHV0,2	192,816 MHV0,2	34,571	200,314 MHV1,2
D	62 97,535 µm MHV0,2	64 92,069 µm MHV0,2	63 94,802 µm MHV0,2	65 89,337 µm MHV0,2	67 83,871 µm MHV0,2	92,069 MHV0,2	5,257	91,523 MHV1,2
E	64 92,069 µm MHV0,2	65 89,337 µm MHV0,2	64 92,069 µm MHV0,2	66 86,604 µm MHV0,2	66 86,604 µm MHV0,2	89,337 MHV0,2	2,733	89,337 MHV1,2
F	63 94,802 µm MHV0,2	72 72,126 µm MHV0,2	61 100,267 µm MHV0,2	68 81,138 µm MHV0,2	65 89,337 µm MHV0,2	88,426 MHV0,2	11,141	87,534 MHV1,2

2. táblázat: A keresztirányú csiszolat mikrokeménység-mérési eredményei a kötés környezetében

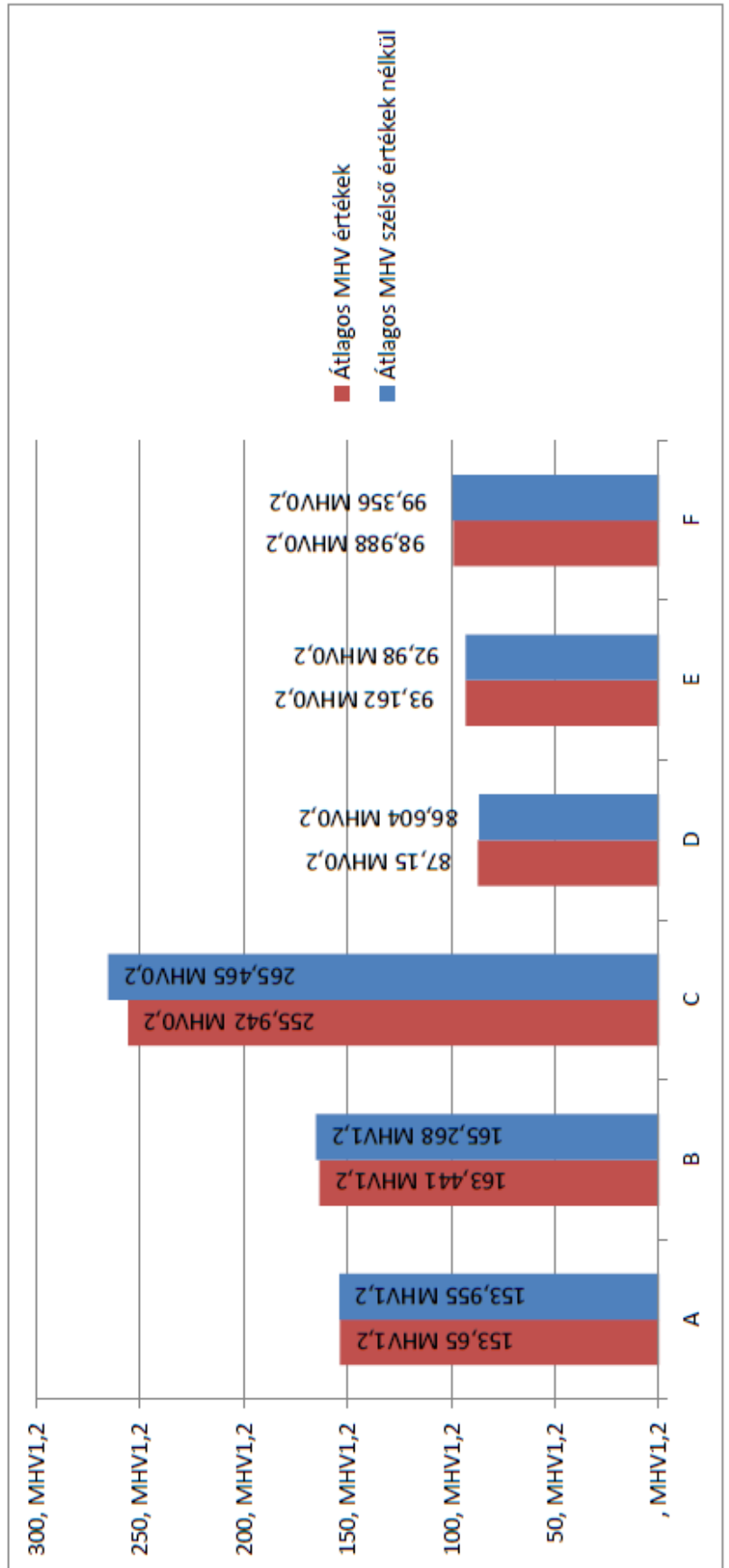




1. diagram: Átlagos MHV keménység a kötés környezetében, keresztirányú csiszolat esetén

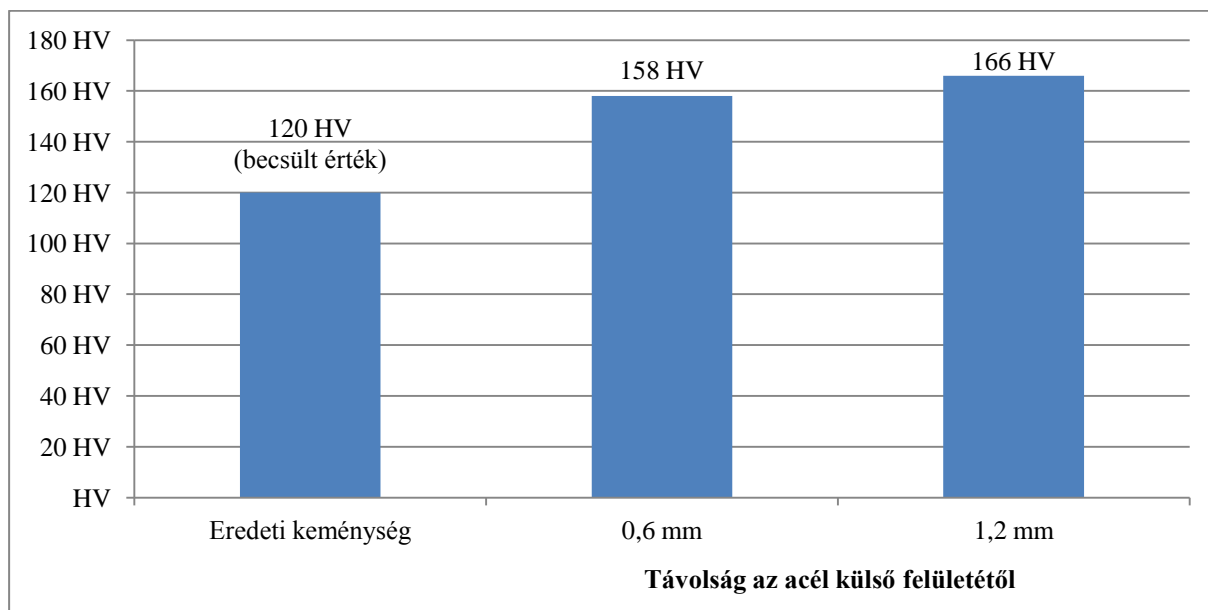
Mérési pont	Mérési sor					Mérési pont MHV átlaga a szélső értékek nélkül	Mért kemény-ségek szórása	Mérési pont MHV átlaga
	1	2	3	4	5			
A	125 μm 143,073 MHV1,2	119 μm 157,437 MHV1,2	122 μm 149,929 MHV1,2	120 μm 154,5 MHV1,2	117 μm 163,31 MHV1,2	153,955 MHV1,2	7,650	153,65 MHV1,2
B	115 μm 169,184 MHV1,2	118 μm 160,374 MHV1,2	121 μm 152,215 MHV1,2	116 μm 166,247 MHV1,2	115 μm 169,184 MHV1,2	165,268 MHV1,2	7,233	163,441 MHV1,2
C	65 μm 89,337 MHV0,2	31 μm 393,975 MHV0,2	42 μm 215,064 MHV0,2	41 μm 223,407 MHV0,2	33 μm 357,925 MHV0,2	265,465 MHV0,2	122,414	255,942 MHV0,2
D	63 μm 94,802 MHV0,2	63 μm 94,802 MHV0,2	67 μm 83,871 MHV0,2	68 μm 81,138 MHV0,2	68 μm 81,138 MHV0,2	86,604 MHV0,2	7,074	87,15 MHV0,2
E	63 μm 94,802 MHV0,2	62 μm 97,535 MHV0,2	66 μm 86,604 MHV0,2	67 μm 83,871 MHV0,2	60 μm 103, MHV0,2	92,98 MHV0,2	7,873	93,162 MHV0,2
F	61 μm 100,267 MHV0,2	59 μm 107,532 MHV0,2	62 μm 97,535 MHV0,2	65 μm 89,337 MHV0,2	61 μm 100,267 MHV0,2	99,356 MHV0,2	6,548	98,988 MHV0,2

3. táblázat: A hosszirányú csiszolat mikrokeménység-mérési eredményei a kötés környezetében.



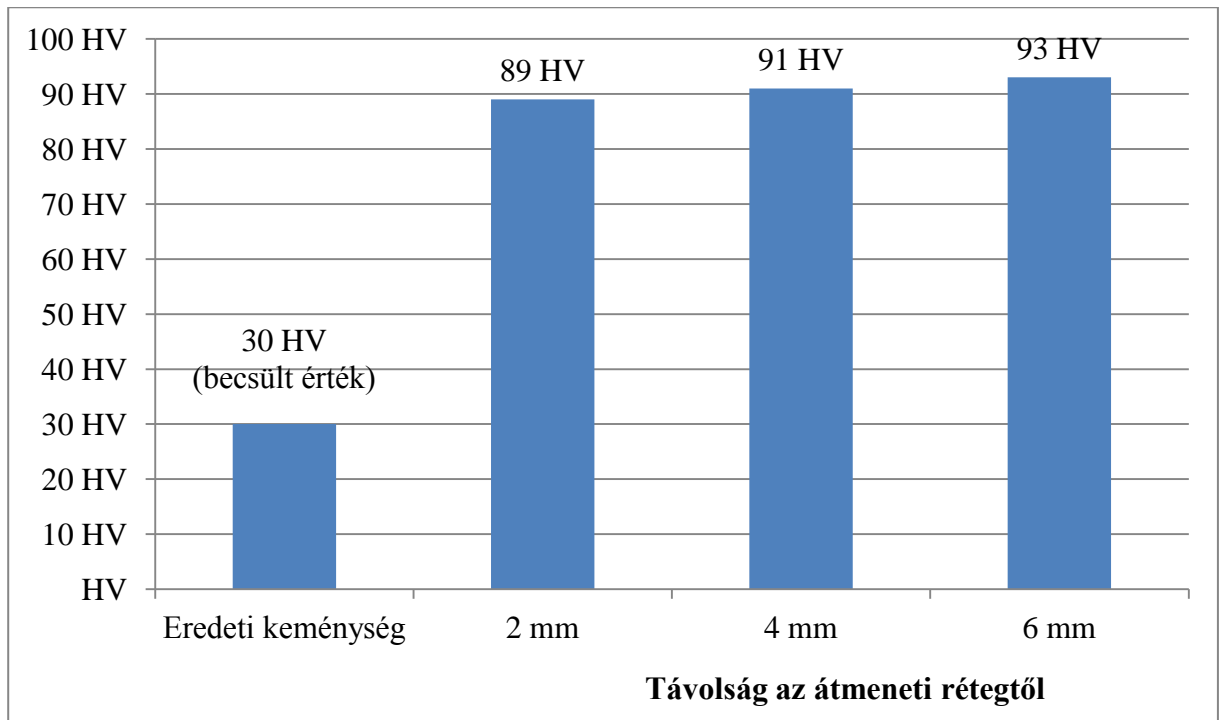
2. diagram: Átlagos MCV keménység a kötés környezetében, hosszirányú csiszolat esetén

Az eredmények kiértékelésekor megvizsgáltuk az acéllemez keménységének megváltozását, a kereszt- és a hosszirányú metszetek keménységértékeinek átlagát figyelembe véve. A 3. számú diagramon megfigyelhető a robbantás előtti keménység, ill. a lemez felületétől a kötés irányába 0,6 mm-es távolságonként a keménység változása. Amint az várható volt, az acéllemez felkeményedett, a növekedés az 1. rétegben 31,66%, a 2. rétegben pedig 33,33%.



3. diagram: Az acéllemez eredeti és robbantás utáni keménysége.

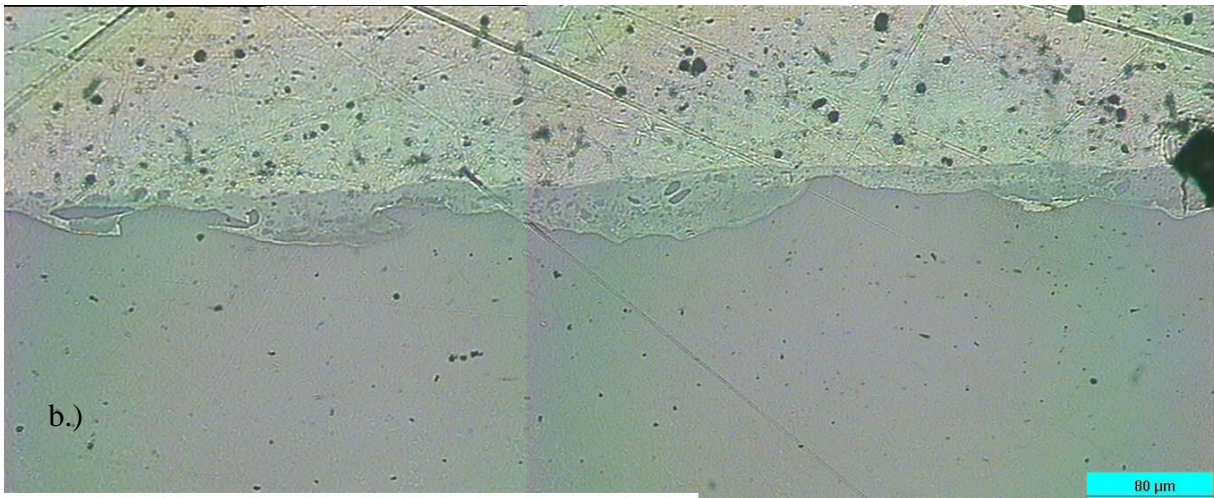
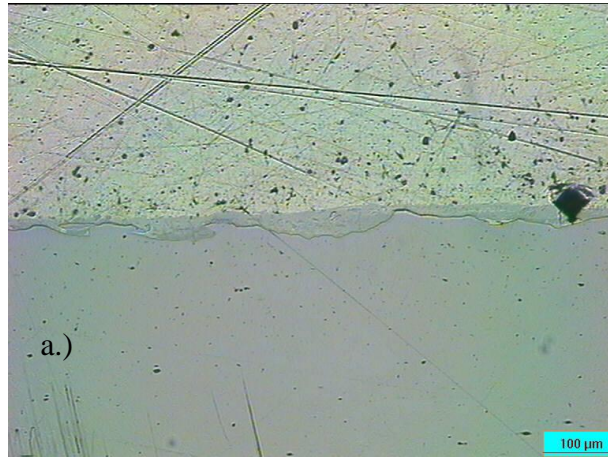
Hasonló elv alapján dolgoztuk fel az alumínium keménységének megváltozását mutató adatokat is. Ennek keménysége jelentős, a kezdeti értékhez képest 197-210%-os növekedést produkált, miközben a lemez vastagsága 1 mm-t csökkent. Az így elért keménységérték megközelíti a nemesíthető alumíniumötvözetek keménységét.



4. diagram: az alumínium keménységének változása az átmeneti rétegtől távolodva

Mikroszkopikus felvételeket készítettünk a lemezek között létrejött kötés környezetének vizsgálata céljából a kereszt- és hosszirányú csiszolatokról egyaránt. A témában fellelhető szakirodalmak alapján számítottunk az acél és az alumínium anyagok párosítása esetén a rétegek közti intermetallikus fázis, vagy más, ismeretlen összetételű és további vizsgálatokat igénylő réteg létrejöttére, így a felvételek készítésekor ezek bemutatására koncentráltunk. [7]

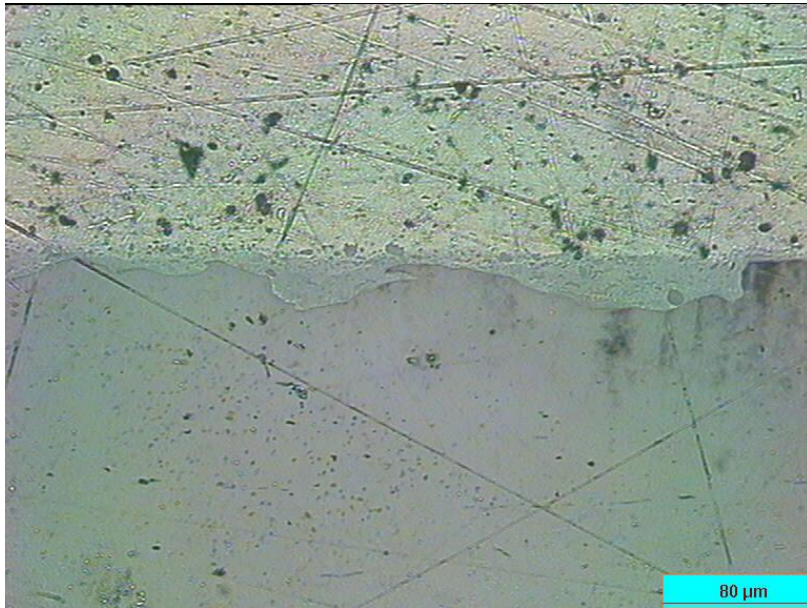
A mikroszkopikus felvételeket 100x-os, ill. szükség esetén 200x-os nagyításban készítettük Nikon Epiphot 200 fordított fémmikroszkóppal és Omnimet Express Image Analysis System szoftverrel, az NKE laboratóriumában.



11. ábra: a.) A hosszirányú metszet egy 100x-os nagyítása; b.) Az a.) ábra 200x-os nagyítású panorámafelvétele

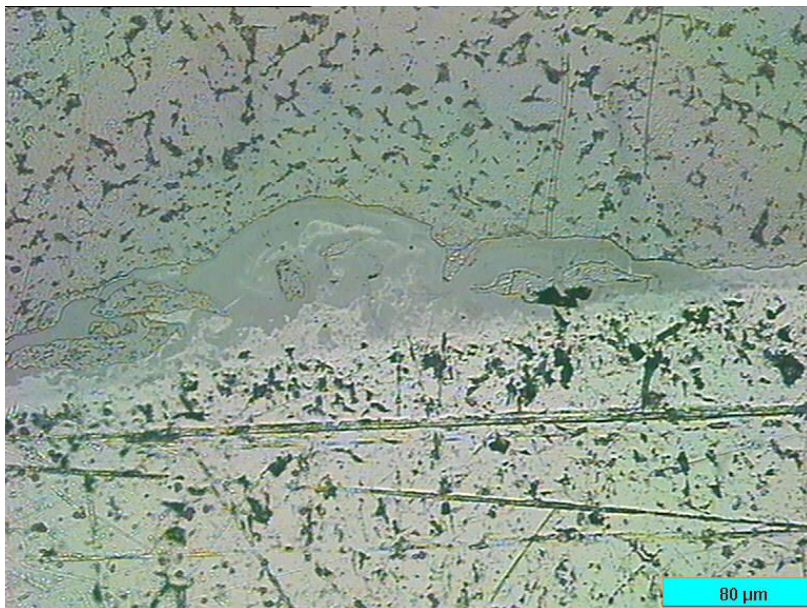
A 11. ábrán jól kivehető néhány jellegzetes, robbantásos plattírozásra jellemző hullámalak és a kötés környezetében létrejött ismeretlen összetételű, vegyes átmeneti réteg.





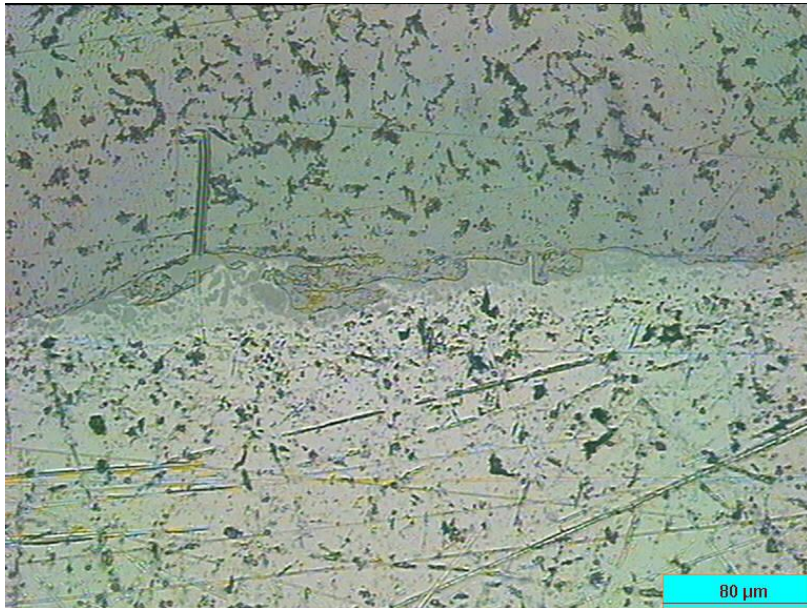
12. ábra: A hosszirányú metszet egy 100x-os nagyítása

A 12. ábrán egyszerre figyelhető meg a jellegzetes hullámalak és körülötte több kisebb, jellegtelen kötéalak.



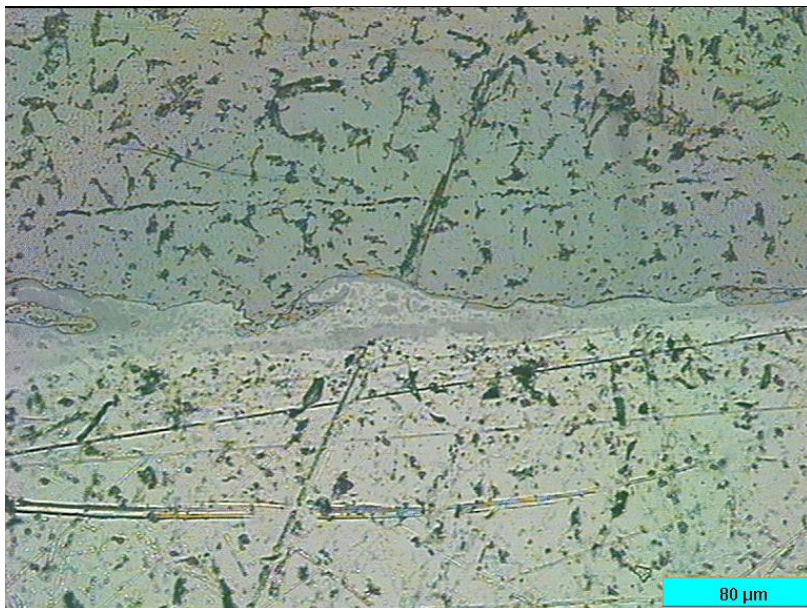
13. ábra: A keresztirányú metszet egy 200x-os nagyítása

A 13. ábrán az átmeneti réteg egy nagyméretű kitüremkedése figyelhető meg.



14. ábra: A keresztirányú metszet egy 200x-os nagyítása

A 14. ábrán a két lemez közti kötés alakja nem egyezik egyik irodalomban talált jellegzetes kötésalakkal sem.



15. ábra: A keresztirányú metszet egy 200x-os nagyítása

A 15. ábrán egy jellegzetes hullámalakba rendeződve látható a két lemez közti átmeneti réteg.



### 3.3. A vizsgálatok alapján levont következtetések

Az irodalomban ismertetett kontaktkorróziós jelenség óriási károkat okozhat a műszaki gyakorlatban, ezért ennek kiküszöbölése igen fontos. A kontaktkorrózió létrejöttének megakadályozása a szerkezetek tervezésénél alkalmazott anyagok megválasztásával, már a tervezéskor elkerülhető, erre egy speciális, ugyanakkor a gyakorlat szempontjából jól használható alapanyag az acél-alumínium plattírozott lemez. Nem csak korrózióállósági, hanem mechanikai tulajdonságait tekintve is egy jól alkalmazható anyagot állítottunk elő.

Teljesítettük a célkitűzésben megjelölt acél-alumínium kompozit lemez létrehozását. A kísérlet különösen sikeresnek mondható, mivel idáig egyedülálló módon, a lágyabb lemezt alaplemezként, a keményebbet pedig burkolólemezként használva vittük véghez.

A mérési adatok és a képek vizsgálatából levonható megállapítható, hogy a két lemez közti átmeneti réteg keménysége jelentős szórást mutat. Ez részben abból ered, hogy a mikrokeménység-mérés során a réteg igen kis terjedelme miatt nem lehet minden mérés esetén pontosan a réteg közepére irányozni a gyémánt hegyét. Másrészt pedig az átmeneti réteg összetétele a mikroszkópfelvételek szerint is jelentősen változó a metszetek hossz- és keresztirányában egyaránt. Ennek oka nagy valószínűséggel a választott lemezvastagságok kísérleti volta, ill. a bevett gyakorlattól eltérően az alap- és a repülő lemezek felcserélése. Általánosságban elmondható, hogy adott metszet vizsgálata során az átmeneti réteg keménysége esetünkben 1,14...1,6-szerese a közvetlenül mellette található, így a legnagyobb mértékben alakváltozott, vagyis a leginkább felkeményedett tisztán acél rétegnek. Ha összehasonlítási alapul az acéllemez eredeti keménységértékét vesszük, úgy a növekedés 60-120%-os.

Megállapítható továbbá, hogy bár keménységének növekedése mind kereszt, mind hosszirányban növekedést mutat a robbanás az acél helyétől távolodó irányba, az alumínium a keresztirányú csiszolat esetén keménységcsökkenést mutat, amiből arra következtethetünk, hogy oldalirányban a nyomáeloszlás nem volt tökéletes.

### 3.4. További tervek

Újabb robbantásos plattírozások elvégzése a megismert robbantásos plattírozási technológia irányelvei alapján, pontosabban meghatározott paraméterekkel és egy méretezési algoritmus kidolgozása különböző anyagminőségek és robbanóanyagok esetére. A pontosabb eredmények érdekében a minták felületének eredményesebb maratása, további mikrokeménység-mérések és az alábbi vizsgálatok elvégzése szerepelnek:

- annak megállapítása, hogy milyen szélsőséges hőmérsékleteken válnak szét a lemezek a különböző hőtágulási együtthatók hatására;
- mekkora erőhatások eredményezik a lemezek szétválását a kötés síkjával párhuzamos erők esetén;
- a robbantással plattírozott lemezpárok hajlítóprobája;
- a lemezpárok lefejtési probája;
- a hengerelhetőség vizsgálata;
- a két lemez közti átmeneti réteg összetételének pontos vegyi elemzése;
- elektronmikroszkópos felvételek készítése a metszetekről a kötés környezetében, ill. a kötés után szétválasztott lemezek felületéről.

## 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A robbantással történő plattírozás hosszú évek óta sikeresen használt technológia, mely gondos tervezés és végrehajtás esetén megbízható, megismételhető eredményt ad. Nagy előnye, hogy sok, alapvetően eltérő tulajdonságokkal rendelkező fém összeköthető ilyen módon, akár kifejezetten nagy, több méteres méretben is. Fontos azonban a kialakított kötések vizsgálata és szükség esetén a technológiai paraméterek megváltoztatása, hogy az elvárt eredményt kapjuk. Ezek a vizsgálatok nagyrészt roncsolásos anyagvizsgálatok.

Dolgozatunkban bemutattuk a robbantásos plattírozás alapelveit, a fontosabb technológiai paramétereket, valamint a robbantás elvégzése után az összekötött lemezpár keménységmérését, ill. az ehhez szükséges minták elkészítését, valamint az általunk vizsgált lemezpár esetén létrejött kötésről készített mikroszkopikus felvételeket.

Következtetéseket vontunk le a kötészóna jellege, mintázata és a mechanikai tulajdonságok közt.

## 5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szalay András úrnak és az S-Metalltech 98 Anyagtechnológiai Kutató-fejlesztő Kft. munkatársainak a robbantásos plattírozás technológiájának megtervezéséért és a robbantás lefolytatásáért.

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem részéről dr. Lukács László úrnak, a lőtér és a robbantás feltételeinek biztosításáért és Tamás András úrnak a csiszolatok elkészítésében és a mikroszkopikus felvételek elkészítésében nyújtott segítségéért.

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 to co-financing of the European Social Fund.

## 6. FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Pahl, Beitz: A géptervezés elmélete és gyakorlata; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981, 282. oldal

[2] David Lerman & Tony Capaccio: Navy Finds ‘Aggressive’ Corrosion on New Ship; Bloomberg, 2011. június 7.; <http://www.bloomberg.com/news/2011-06-17/navy-finds-aggressive-corrosion-on-austal-s-combat-ship-1-.html>; Megtekintés időpontja: 2012. november 9.

[3] Mezey Béla: Az LCS2 esete a korrózióval; Haditechnikai Kerekasztal, 2011. június 27.; <http://htka.hu/2011/06/27/az-lcs-2-esete-a-korrozioval/>; Megtekintés időpontja: 2012. november 9.

[3] Szalay András – Puskás József: Nemesfém-takarékos érintkezőanyagok előállítása robbantásos plattírozással; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982, 172-177. oldal

[4] Dr. Szunyogh László szerk.: Hegesztés és rokon technológiák, Kézikönyv; GTE, Budapest, 2007.

[5] Kovács-Coskun Tünde - Völgyi Bálint – Sikari-Nágl István: Robbantásos plattírozású fémlapok szerkezetének vizsgálati lehetőségei; A „Fúrás-robbantástechnika 2012” c. konferencia előadásai, Balatonkenese, 2012, 149-152. oldal

[6] Yuan Zhanga - Sudarsanam Suresh Babub - Curtis Prothec - Michael Blakelyd - John Kwasegroche - Mike LaHae - Glenn S. Daehna: Application of high velocity impact welding at varied different length scales; Journal of Materials Processing Technology 211; 2010, 944-952. oldal

## 7. MELLÉKLETEK

1. számú melléklet: Az NKE Központ Könyvtárának, dr. Mueller Othmár Robbantástechnikai gyűjteményében található, a kutatásunk során feldolgozott szakkönyvek, folyóiratcikkek és konferencia kiadványok listája:

Szerző	Cím	Kiadás éve	Kiadás helye	Magyar cím
Alting L.	Højteffektformgiving af metaller	1967	Lyngby, Denmark	Fémek robbantásos alakítása
Alting L.	Eksplosionsformgiving af metalplade	1971	Frederiksborg	Robbantásos
Alting L.	Eksplosionssvejsning - en ny metode	1971	Frederiksborg	Robbantásos hegesztés
Alting L.	Eksplosions formgiring i industrien	1972	Lyngby, Denmark	Robbantásos alakítás az iparban
Babul W.	Odkosztalcanie metali w wybuchem	1980	Warszawa	Robbantásos fémalakítás
Baguley D. E.	Explosive forming	1964	Lower Hutt	Robbantásos alakítás
Bartenet Sz. Sz. - Fedko Ju. P. - Detonacionnute pokritija v masinesztroenii		1982	Leningrad	Robbantásos felületek a gépgyártásban
Grigorov A. J.	Explosive cladding with gold	1977	USA, Gold Bulletin	Robbantásos aranyplattírozás
Prümmer R. R.	Tváření vybuchem	1964	Praha	Robbantásos alakítás
Blazynski T. Z. - Sewallem M. R.	Air-cushion effect in the explosive forming of metal sheet	1969	London	Légréshatás a robbantásos fémlemezalakításnál
Blazynski T. Z.	Scaling problems in the development of free implosive forming of roots blower impellers	1969	Oxford	Csőprofilok robbantásokkal való alakítása
Blazynski T. Z. - Dara A. R.	The nature and type of bonds in explosively welded compound cylinders	1972	London	Robbantásos hegesztési költségek jellege
Blazynski T. Z.	The use of high-energy rate methods for forming, welding and compaction	1973	Leeds	A nagyenergiájú alakítás, hegesztés, zömítés
Boes P. J. M.	Some aspects of explosive welding	1962	Delft	Robbantásos hegesztés
Boes P. J. M.	Forming with high explosives	1970	Delft	Robbantásos fémalakítás
Bogun G. Sz. - Nikiforov N. N.	Kontrol vtorticsnüh metallov na vzrtürobezopasznozt	1959	Moszkva	Vashulladékok robbanás mentességének vizsgálata
Chládek L. - Nemecek J. - Vacek J.	Vybuchové svarování korn a pribuzné procesy	1979	Praha	Acélok robbantásos hegesztése és kapcsolódó
Bossy L.	Die Sprengverformung dickwandiger Bleche	1972	Zürich	Vastagfalú lemezek kontakt robbantásos alakítása
Crossland	Review of the present state- of- theart in explosives welding	1956	London	A robbantásos hegesztés helyzete



-	Csepeli Acélmű balesetelhárítási útmutató	1970	Budapest	Martin- és elektroacél gyártás (Robbantás biztonsági előírásai)
-	Dansk Metallurgisk Selskabs foredrage, 13-14. jan. 1969.	1969	Koppenhagen	A dán kohászati egyesület ülése
-	Fizika uprocsnenija i szvarki vzrűvom	1972	Novosibirszk	A robbantásos erősítés és hegesztés fizikája
-	Fizika uprocsnenija i szvarki vzrűvom	1980	Novosibirszk	A robbantásos hegesztés
Donat H.	Besonderheiten beim Verarbeiten explosiv-plattierter Stähle	1978	Würzburg	Robbanással plattírozott lemezek megmunkálásának sajátosságai
Dovgin I. I. - Ankudinov N. V. - Zagotovka i pererabotka vtoriesnűh metallov. G1. 21. Volosuev V. F. Razdelka metalliceszkogo loma vzrűvnűh szoszobom	1972	Moszkva	Fémhulladékok előkészítése és feldolgozása (21. fej. Hulladékfémek robbantásos aprítása)	
Egly N. S.	Eksplionsions forėiving	1970	Lingby	Robbantásos alakítás
-	Über die Verformung von Metallen beim Beschuss	1965	Zürich	Fémek lövés okozta deformációja
Epstejn G. N.	Sztroenie metallov deformirovannűh vzrűvom	1980	Moszkva	Fémkészítés robbantásos formázással
-	Explosion clad metals	1981	Louisville	Robbantásos plattírozás
-	The explosion cladding process and the evaluation of a typical explosion clad plate produced by EFI	1978	Louisville	A robbantásos plattírozás és Plattírozott lemezek számítása
-	Explosionsschweissen und - umformung	1983	Halle	Robbantásos hegesztés és alakítás
-	Explosive metal working (Japan nyelven)	1968	Tokio	Robbantásos
-	Explosive techniques in engineering, a bibliography	1968	Coventry	Robbantástechnika a fémiparban, Bibliográfia
-	Explosive welding	1968	London	Robbantásos hegesztés
-	Explosive welding of aluminium and copper earthing strip	1973	-	Alumínium és rézföldelők robbantásos hegesztése
-	Explosive welding	1976	Abington	Robbantásos hegesztés

Ezra A. A.	Principles and practice of explosive metalworking	1973	London	A robbantásos fémalakítás elvei és gyakorlata
-	Explosivplattieren	1975	Berlin	Robbantásos plattírozás
Fotouhi N.	Untersuchung zum erzielbaren Grenzziehverhältnis beim Hochleistungstiefziehen...	1976	Berlin	Határhúzóvizsgálat vizsgálata töltethatáron
Frank F. - Robinson R. I. - Whita B. E.	Explosive technology a new tool in offshore operations	1966	-	Vízalatti férobbantások
Gelman	Plakirovanie sztalni vzrtivom. Sztruktura i szvojsztva bimetala	1978	Moszkva	Fémfelület edzése robbantással. Két fém struktúrája és tulajdonságai
Gentzsch G.	Hochleistungsformung. Umformung und Bearbeitung mit Explosivstoffen, Unterwasserfunken, komprimierten Gasen und...	1962	Düsseldorf	Nagyteljesítményű fémalakítások
Gentzsch G. - Blumendorf P.	Schweißen und Plattieren mit Explosivstoffen- Sprengschweißen	1979	Düsseldorf	Robbantásos hegesztés és plattírozás
Gowan C. R. - Bergman O. R. - Holtzman A. H.	Mechanism of bond zone wave formation in explosion-clad metals	1971	New York	A hegesztési hullámzóna a robbantással plattírozott fémekben
-	A GTI 3. tudományos ülészakaja. A képlekeny alakítás szekció előadásai	1967	Budapest	-
Guerrero Alvarez	Formado de piezas metálicas mediante el uso de explosivos	1966	Mexico	Robbantásos fémalakítás
-	Methods for fabricating and plugging of tube to...	1975	-	Robbantásos kazáncső-kazánfal hegesztés
-	Herstellung von Blechachstragkörpern getriebener Achsen für Kraftfahrzeuge unter Anwendung der Explosivumformung	1977	Ludwigsfelde	Gépkocsi hátsóhidak robbantásos alakítása
-	High-energy rate metalworking by using of explosive materials	1975	Warszawa	Nagy energiájú fém megmunkálás robbanóanyagokkal
Beltran A. A.	High-impact metal forming 1957-1960. An annotated bibliography	1961	Washington	Robbantásos fémalakítás bibliográfiája 1957-1960.

Hofer P.	Aluminium- Sprengverbindungen im Freileitungs- und Anlagenbau	1974	Schaffhausen	Alumínium robbantásos vezetékkekötések
Holtzman A. H. - Cowan G. R.	Bonding of metal with explosives	1965	New York	Fémek robbantásos kötése
Kaga S. - Fujii H.	On the behaviour of flyer plate in explosive welding. Measurementn of flyer plate velocity	1978	Osaka	A robbantásos hegesztés fedőlemeze, alakítási sebessége, mérése
Keller	Beitrage zum Explosivplattieren	1968	Stuttgart	Robbantásos plattirozás
Pugh H. L. D. - Lange K.	Neuere Entwicklungen in der ....	1963	Dortmund	A fémalakítás újabb
-	Die Fliessvorgänge in der Kontaktzone beim Sprengplattieren...	1970	Clausthal	A kontaktfelületi folyásfolyamatok fémek robbantásos hegesztésénél
Henry E.	The first international conference of the center for high energy rate forming	1967	Denver	A nagyenergiájú alakítás központjának első nemzetközi konferenciája
-	The second international conference of the center for high energy forming	1969	Denver	A nagyenergiájú alakítás központjának második nemzetközi konferenciája
-	The third international conference of the center for high energy forming	1971	Denver	A nagyenergiájú alakítás központjának harmadik nemzetközi konferenciája
-	Kurzfassungen der Vortrage für die 6. Internationale Konferenz....	1977	Essen	-
-	Kolloquium über die industrielle Anwendung des Explosivplattierens	1971	Zwickau	Robbantásos plattirozási kollokvium összefoglaló
Kováts Z.	Páncélosok és páncéltörők	1973	Budapest	Haditechnika fiataloknak, kumulatív töltetek
Kudinov V. M. - Koroteev A.	Szvarka, vztřivom v metallurgii	1978	Moszkva	Robbantásos hegesztés
Magome M. - Ogawa K. - Hotta T. - Kaga S.	Some experiments on the application of explosive welding	1974	Tokio	A robbantásos hegesztés alkalmazási kísérletei
Murphy E.	Comparison of methods for detecting and analyzing fumes from explosives	1961	Washington	A robbanóanyagáznak elemzésének és észlelésének módszerei



Nowak H. - Smolenski D.	Ladunki kumulacyjne w wojsku, górnictwie i przemysle	1974	Warszawa	Kumulatív töltetek a háborúban, a bányászásban,
Orava R. - Otto H. E.	The effect of high energy rate forming on the terminal characteristics of metals	1969	Denver	Nagy energiájú a fémek végső jellemzőire
Pihtovnikov R. V. - Zavjalova V. I.	Stampirovka listovogo metalla vztivom	1964	Moszkva	Fémlemez sajtólása robbantással
Pocalyko A. - Williams C. P.	Clad plate products by explosion bonding	1964	USA	Robbantásos plattírozás
Pocalyko A.	Explosion clad plate for corrosion service	1965	USA	Korróziógátó lemez robbantásos készítése
Pocalyko A.	Metallic coatings - Explosively clad	1981	Wilmington	Robbantásos plattírozás
Prümmer R.	Die Verdichtung von Keramik - und Metallpulvern, sowie deren Mischungen durch Explosivdruck	1973	NSZK, Deutschland	Kerámia és fém porok, illetve keverékek robbantásos tömörítése
Prümmer R.	Hochschmelzende Metallpulver durch Explosionsdruck bearbeiten	1974	Würzburg	Magas olvadáspontú fémporok robbantásos
Prümmer R.	Explosives Plattieren von Blei	1977	-	Ólom robbantásos
Prümmer R. - Ziegler G.	Structure and annealing behavior of explosively compacted alumina powders	1977	USA	Alumínium porok robbantásos tömörítése
Prümmer R.	Explosivschweißen im chemischen Apparatebau	1977	NSZK, Deutschland	Robbantásos hegesztés a vegyi gépgyártásban
Richter U.	Sprengplattierte Verbundwerkstoffe und ihre Anwendungsmöglichkeit im Schiffsbau	1970	Troisdorf	Fémlemezek hajóépítésben való robbantásos alakítása
Rinehart J. S. - Pearson J.	Explosive working of metals	1963	London-Oxford	Fémek robbantásos megmunkálása
Ruppín D.	Untersuchungen zum Ausstauen von Verdichtungen an langen Profilen mit Hilfe von Sprenstoffen	1966	Düsseldorf	Vizsgálatok hosszú profilok illesztésére robbanóanyagok révén
Ruppín D.	Sprendschweißen von Metallen	1966	Düsseldorf	Fémek robbantásos
Ruppín D.	Schweißen mit kinetischer Energie	1974	Düsseldorf	Hegesztés kinetikus
Ruppín D.	Sprengschweißen von Metallen. Untersuchung istrationarer Vorgänge bei der Deckblechbewegung	1980	Düsseldorf	Fémek robbantásos hegesztése. A fedőlemezmozgások nem

Smrcka J. - Václavěk M.	Explozivní tváření plechi a trub	1964	Praha	Fémlemezek és csövek robbantásos alakítása
Sorets B.	Versuche an Betonstahl mit Schlagbeanspruchung durch Explosion	1961	Wien	Betonacél ütészállóság robbantási kísérletei
-	Sprengschweiss - und Spreng-Kompressionsverbindungen	1972	Schaffhausen	Robbantásos hegesztési és préselési kötések
-	Symposium "Vybuchové plátovány, Máriánské Lázně, 1970. okt. 5-9."	1971	Pardubice-Semtin	Robbantásos plattírozási szimpózium
-	2. symposium "Explosive working of metals" Vol. 1. Marionské Lázně, 1973.	1974	Pardubice-Semtin	2. robbantási fémalakítási szimpózium
-	2. symposium "Explosive working of metals" Vol. 2. Marionské Lázně, 1973.	1974	Pardubice-Semtin	2. robbantási fémalakítási szimpózium
-	4. symposium "Explosive working of metals"	1979	Pardubice	4. szimpózium: Robbantásos
-	5. symposium "Explosive working of metals"	1982	Pardubice	Fémek robbantásos megmunkálása. Az 5. szimpózium előadásai
Szakurai T.	Baku-hacu kako	1969	Tokio	Robbantásos fémalakítás
Szalay A.	Electrodynamic and explosiontype technologies applicable unainly for the internal forging of metal pipes	1981	Göteborg	Fémcsövek belső alakítására alkalmas elektrodinamikus és
Sztepanov V. G. - Szipilin P. M.	Gidrovzrúvnaja stampirovka elementov szudovüh konstrukcij	1960	Leningrad	Hajószerkezetek robbantásos alakítása
-	Technos 73. GTI 5. tudományos ülészaka (képlékenyalakítás)	1975	Budapest	-
Thoms V.	Schweissen mit kinetischer Energie. Untersuchungen zum ?	1980	Düsseldorf	Hegesztés kinetikus energiával. Folyékony hajtóanyagok gyújtásával való kísérleti plattírozás
-	Tloczenie metali metoda wybuchowa	1965	Warszawa	Robbantásos fémalakítás
Verbraak C. A.	Explosive forming can cause problems	1963	New York	A robbantásos fémalakítás problémái

Verbraak C. A.	Materialverhalten bei Hochgeschwindigkeitsumformung	1964	Stuttgart	Fémlemezrobbantásnál a lemez viselkedése
Verbraak C. A.	Effects of high energy rateforming on properties of refractory metals	1963	Delft	A robbantásos fémalakítás hatása az anyag
Verbraak C. A.	How can high-rate forming be applied without deteriorating metal properties?	1970	Delft	Fémlemezalakító robbantás anyagtulajdonság módosulás nélkül
Walling J. H.	Plattieren mit kinetischer Energie	1974	Berlin	Robbantásos plattírozás. A határbességek és a hegesztési zóna
-	Arbeit schutz in der Schwarzmetallurgie; Stahlgewinnung	1969	Berlin	Munkavédelem a vaskohászokban; Ócskavastelep; Acélgártás
Wily van F. E.	Explosief vervormen van metalen	1967	Delft	Robbantásos fémalakítás
Williams J. D. - Crossland B.	Use of explosives in forming, welding and compaction	1968	Belfast	Robbantásos fémalakítás, hegesztés, zömítés
-	Wybuchowego utwardzenie staliv i stali austenitycznych wysokomanganowych	1969	Warszawa	Nagyszilárdságú acélok szilárdítása robbantással
Mikolaj Korzum	Kariera Wybuchu	1980	Warszawa	-
-	Zbornik prednášok Conference Proceedings	2002	Bratislava	-
Gottwaldov	6. mezinárodní symposium	1985	-	-
-	Informationstag für Sprengtechnik	1987	Linz	-
-	Zbornik prednášok zo 4. medzinárodného sympózia	1978	Bratislava	Stroje a technológia pre tvárnenie vysokými
-	Az ipari robbantástechnika helyzete és fejlesztése	1980	Budapest	-
-	Metallumformung und verschweissung mit Explosivstoffen	1994	Graz	-
Szalay A. - Puskás J.	A villamosipari kutató intézet közleményei	1984	Budapest	Ni-tartalmú Ag érintkezőanyagok előállítása robbantásos
-	Tłoczenie den metoda wybuchowa	1969	Warszawa	-



## T A R T A L O M

A NATO tagországok korszerű műszaki technikai eszközei és felhasználásuk IV. (dr. Szabó Sándor).....	3
A NATO tagországok korszerű műszaki technikai eszközei és felhasználásuk V. (dr. Szabó S. – dr. Kovács Z. – dr. Tóth R.).....	19
Épületek robbantásos terrorista cselekmények elleni védelmének nemzetközi és hazai jogi szabályozása, valamint a védekezés módjai, formái és eszközei (Laczik Balázs).....	36
Kockázat becslése numerikus módszerekkel a MATLAB alkalmazásával, folytonos eloszlások diszkretizálása (dr. Hanka László) .....	55
A katonai táborok biztonsági rendszereinek kialakítása, különös tekintettel a robbantásos merényletek megelőzésére, azok hatásai csökkentésére – A katonai táborok biztonsági rendszerei kialakításával kapcsolatos előírások (Dr. Kovács Tibor).....	70
A robbanóanyagok tömeg spektrometriával történő felderítése és analízise (Hegedűs Katalin) .....	84
Robbantással alakított csövek és vizsgálatuk (Korom Dániel Péter).....	102
Kontaktkorrózió kiküszöbölésére készített, robbantással plattírozott lemezek vizsgálata (Sikari-Nágl István – Völgyi Bálint).....	119