HADITECHNIKA

2026/5.

A MÚLT, A JELEN ÉS A JÖVŐ FEGYVEREI

LX. ÉVFOLYAM 5. SZÁM · ÁR: 990 Ft

A TIHANYI-FÉLE VÍZ ALATTI AKNAGYÚJTÓ

3D VIDEÓ A 46. OLDALON



SZVD DRAGUNOV POSZTERMELLÉKLET

DRÓNELHÁRÍTÓ RENDSZEREK AZ OROSZ–UKRÁN HÁBORÚBAN

JEGES ÁRVIZEK ELLENI VÉDEKEZÉS BOMBÁZÁSSAL

A MIG-21BISZ MAGYARORSZÁGON | FÉLLÁNCTALPAS KATONAI JÁRMŰVEK | ADATVEZÉRELT HADVISELÉS

A 75 éves Zrínyi Kiadó újdonságai



A legteljesebb túlélési útmutató megtanít arra, hogyan kezeljük a válsághelyzeteket – **a legszükségesebb önvédelmi fogásoktól a túlélőkészlet összeállításán át egészen addig, hogy sivatagi körülmények között élelmet szerezzünk.** Nemzetközi és magyar különleges katonai erők módszereire alapozva ez a könyv világos, lépésről lépésre elmagyarázott, nagyon részletesen illusztrált útmutatót ad a túléléshez.



Majoros Kornél repülő főhadnagy (1920–1944), a második világháborúban legtöbb bevetést repült, **legeredményesebb magyar kétmotoros bombázópilóta életútját, katonai pályafutását és hősi halálát mutatja be** a több mint 140, többségében most először publikált fényképpel illusztrált kötet. A javarészt eddig kiadatlan forrásbázison alapuló műben először jelenik meg Majoros Kornél 1943-ban írt hadinaplója is.



Magó Károly könyve visszaemlékezéseken, korabeli interjúkon és beszámolókon keresztül mutatja be **a Magyar Királyi Honvéd Légierő harcait az első bevetésektől a második világháború végéig.** Pilóták, rádiósok, megfigyelők, lövészek és repülőgép-szerelők szólalnak meg, szinte filmszerűen elevenítve meg a harcba indulás és a visszatérés pillanatait, a küzdelmek során aratott légi győzelmeket, a veszteségeket és a frontélet mindennapjait.

shop.hmzrinyi.hu

Könyvesbolt: 1024 Budapest, Fillér utca 14.

HADITECHNIKA

A MAGYAR HONVÉDSÉG MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS FOLYÓIRATA
Az MTA IX. osztály Hadtudományi Bizottsága által „A" kategóriába sorolt, lektorált folyóirat,
LX. évfolyam 2026/5. szám

A szerkesztőbizottság elnöke:
Prof. dr. Padányi József ny. vezérőrnagy DSc.
(NKE HHK KMDI iskolavezető)

A szerkesztőbizottság alelnöke:
Bárány Zoltán Gábor dandártábornok
(NATO JFTC parancsnokhelyettes)

Főszerkesztő:
Dr. Végvári Zsolt alezredes (NKE HHK, TÚK, MEE)

A szerkesztőbizottság tagjai:
Dr. Both Előd (Magyar Asztronautikai Társaság)
Dr. habil. Daruka Norbert alezredes (MH TP)
Dr. Ember István alezredes (NKE HHK)
Dr. habil. Gyarmati József ezredes (NKE HHK)
Prof. dr. Haig Zsolt ezredes (NKE HHK KMDI)
Dr. Hajdú Ferenc (MHTT, TÚK)
Prof. dr. Kiss Péter (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)
Prof. dr. Kovács László vezérőrnagy (NKE HHK)
Dr. Koller József dandártábornok
Könczöl Ferenc dandártábornok (MH 59. RDD)
Dr. Lippai Péter dandártábornok (NKE HHK dékán)
Magyar Ferenc (ZalaZone)
Dr. Németh András alezredes (NKE HHK)
Prof. dr. Rohács József CSc. (BME)
Solymosi Ferenc dandártábornok (MH LTP)
Dr. Trembeczki László András
(HM EI Zrt., HM ARMCOM Zrt.)

Lektori bizottság elnöke:
Dr. Keszthelyi Gyula ny. dandártábornok (MKLE)

Jelen számunk lektorai:
Dr. Ambrusz József tű. ezds., Dr. Daruka Norbert alez., Dr. Ember István alez., Dr. Gávay György Viktor alez., Dr. Gulyás Attila ezds., Dr. Hatos István, Dr. Hegedűs Ernő alez., Dr. Károly Krisztián őrgy., Dr. Katona István ny. őrgy., Dr. Kovács Zoltán Tibor alez., Prof. dr. Lukács László, Magó Károly zls., Dr. Németh András alez., Dr. Palik Mátyás ezds., Sebők István alez., Simonyi Ottó r. ezds., Szabados Péter mk. alez., Dr. Vég Róbert László alez., Dr. Végvári Zsolt alez.

Felelős szerkesztő: Havasi Máté

Szerkesztő: Drahos Gabriella, Antal József

Olvasószerkesztő: Tóth László ny. alezredes

Tördelés és grafikai munkák:
Dallos Tamás, Győri László, Schlachter Stefánia Gerda

3D grafika: Gricz Marcell

Műszaki szerkesztés: Gróf István

Folyóiratszerkesztőség-vezető: Eisrichné Schubert Andrea

A Zrínyi Kiadó igazgatója: Almási-Rab László

Nyomdai előkészítés és nyomtatás: HM Zrínyi Nonprofit Kft.

Felelős vezető: Oláh László ügyvezető

A Haditechnika kéthavonként nyomtatásban és digitális formában megjelenő folyóirat.

A szerkesztőség elérhetőségei:
1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7–9. Telefon: +36 70 199-8648
haditechnika@hmzrinyi.hu
kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT
https://www.facebook.com/HTfolyoirat/
INDEX: 25381 ISSN 0230-6891 (Nyomtatott) ▪ ISSN 1786-996X (Online)

TARTALOM

TANULMÁNYOK

- Lukács László
  Tihanyi Kálmán haditechnikai találmányai *I. rész*
  Víz alatti aknagyújtó 4
- Szalkai László – Daruka Norbert
  Innováció a robbantásos nyílászárónyitás szolgálatában *I. rész*
  Az additív gyártástechnológiával fejlesztett ajtórobbantó kazetta útja az ötlettől a robbantási validációig 12

NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

- Biró Gabriella – Négyesi Imre
  Adatvezérelt hadviselés: Az ukrán harctéri tapasztalatok szerepe a mesterséges intelligencia fejlesztésében 20
- Haig Zsolt – Szatmári Balázs
  Drónelhárító rendszerek az orosz–ukrán háborúban *I. rész* 26
- Hennel Sándor
  A 2026-os iráni háborúban használt drónok, ballisztikus- és cirkálórakéták és azok elhárítása 32

HAZAI TÜKÖR

- Szabó Réka – Gyarmati József
  Gépjárműalkatrész-gyártás additív technológiával *I. rész* 40
- Szatmári András
  Fél évszázad a lövészrajok tűztámogatásában
  Az SzVD távcsöves puska a magyar haderőben (1976–2026) 45

HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

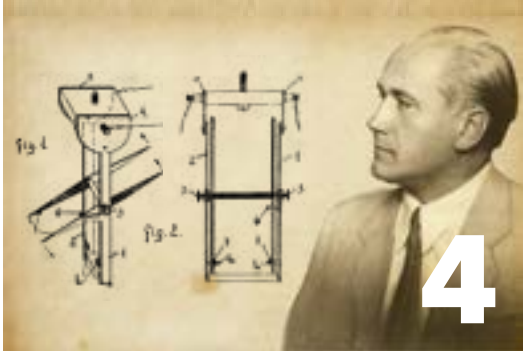
- Tóth Ferenc
  Jeges árvizek elleni védekezés bombázással *I. rész* 51
- Farkas Zoltán
  Félláncalpas katonai járművek *I. rész*
  A kezdetektől a német közepes vontatókig 58

MAKETT

- Farkas Gábor – Sisa András
  A MiG–21bisz Magyarországon 66

KÖNYVAJÁNLÓ

- Borbás Benjámin
  Kozák-Kígyóssy Szabolcs László – Tóth Dominik: Mohács katonái 77



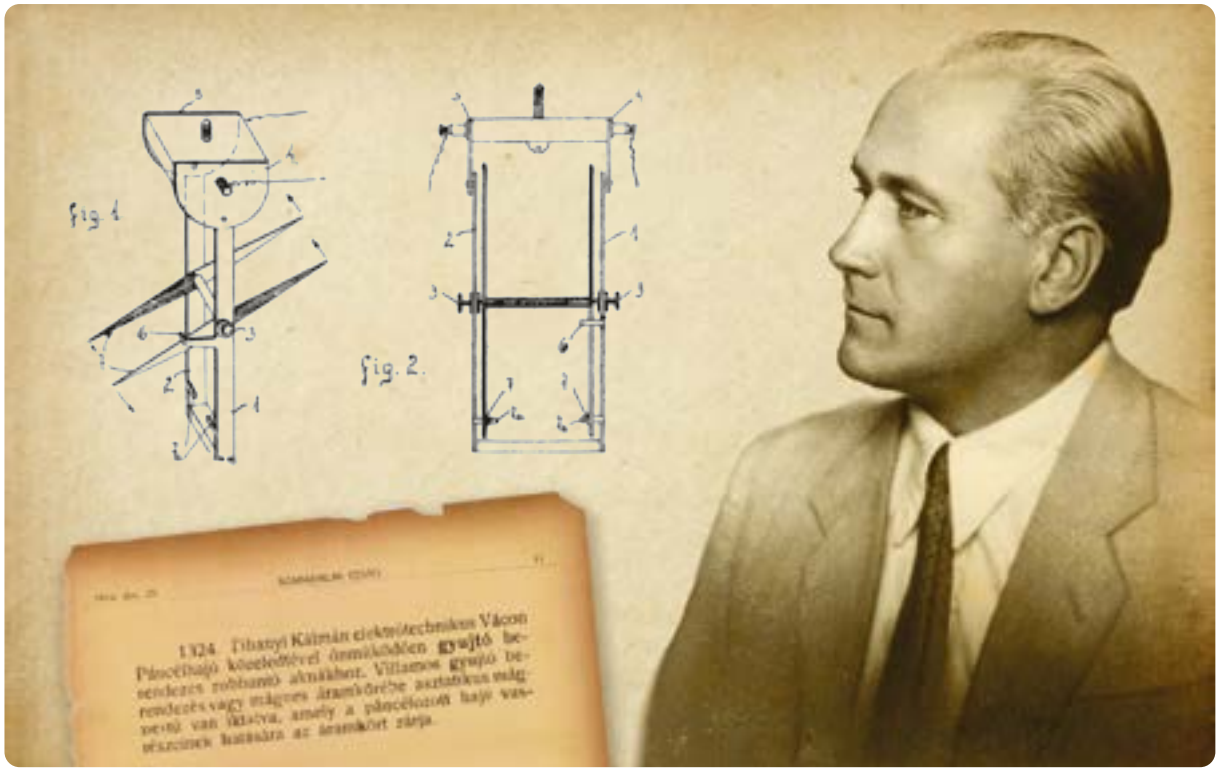












1. ÁBRA. Tihanyi Kálmán (1897–1947) fizikus, villamosmérnök, feltaláló portréja. Balra: A Tihanyi-féle aknagyújtó szabadalmi leírásának ábrája

LUKÁCS LÁSZLÓ*

TIHANYI KÁLMÁN HADITECHNIKAI TALÁLMÁNYAI I. RÉSZ

VÍZ ALATTI AKNAGYÚJTÓ

Összefoglalás: *Tihanyi Kálmán, a világhírű magyar fizikus a teljesen elektronikus, töltéstároló típusú televíziórendszer feltalálója. 1926-ban benyújtott magyar szabadalmi bejelentésében dolgozta ki a többszáz soros képfelbontást és képvisszaadást, katódsugárcsövet alkalmazva mind a kamera céljára, mind pedig vevőcsőként. 2001. szeptember 4-én az UNESCO beiktatta Tihanyi 1926-os szabadalmi bejelentésének iratait azon egyetemes jelentőséggel bíró dokumentumok közé, amelyeket szellemi világörökségként jegyez „A világ emlékezete" programban. Kevéssé ismert azonban, hogy fiatal éveiben Tihanyi szabadalmat nyújtott be Távirányítású gyújtószerkezet víz alatti aknák időzítésére témában, továbbá elfogadták egy Szárazföldi szóróakna tárgyú találmányát is. A szerző kutatása eredményeként először olvashatnak az érdeklődők erről a két elfeledett magyar haditechnikai találmányról.*

Kulcsszavak: *Tihanyi Kálmán, UNESCO „A világ emlékezete" program, Szellemi világörökség program, tengeri akna, víz alatti aknagyújtó, szárazföldi szóróakna*

Abstract: *World-famous Hungarian physicist Kálmán Tihanyi was the inventor of the all-electronic, charge-storage type television system. In his Hungarian patent application filed in 1926, he developed image resolution and image reproduction with hundreds of pixel lines, using a cathode ray tube both as a camera and as a receiver. On 4th September 2001, UNESCO inscribed Tihanyi's 1926 patent application as a document of universal value in its Memory of the World programme, which is inscribed as a World Intangible Heritage. However, it is not very well known, that in his youth Tihanyi filed a patent on a 'Remote-controlled firing device for timing underwater mines', and his invention of a 'Special shrapnel landmine' was also accepted. As a result of the author's research, the public can read for the first time about these two forgotten Hungarian military inventions.*

Keywords: *Kálmán Tihanyi, UNESCO "A Memory of the World Programme", World Intangible Heritage, sea mines, remote-controlled firing device for timing underwater mines, special shrapnel landmine*

* Professor emeritus, a hadtudomány kandidátusa, ny. tanszékvezető egyetemi tanár. ORCID: 0000-0001-8569-5013

DOI: 10.23713/HT.60.5.01

BEVEZETÉS

„Televízió… Színes tévé… Akár falra is felakasztható, sík képernyős plazmatévé… Tv-kamera által vezérelt légvédelmi rendszer, illetve robotrepülőgép… Ultrahangfegyver… Jelenkorunk technikai eszközei, pedig nem is annyira modern berendezések. Már az 1920-as, 1930-as, 1940-es években megszülettek a róluk kiállított szabadalmi levelek, illetve elkészültek prototípusaik, kifejlesztésükben pedig óriási szerepet játszott egy zseniális magyar villamosmérnök, Tihanyi Kálmán. S amikor napjainkban milliárdnyi szem tapad a tévéképernyőkre, nyomon követve sportközvetítéseket és hírműsorokat, megtekintve ismeretterjesztő, illetve játékfilmeket, amikor orvosok kamerák segítségével vizsgálnak vagy műtenek gyógyulásra vágyó betegeket, ezt nagymértékben az általa feltalált képfelbontási és képösszerakási rendszer révén tehetik meg." [1; 11.] Lajos Mihály 2013-ban írta a fenti sorokat a Kárpátalja című lapban a világhírű magyar fizikusról, aki a teljesen elektronikus, töltéstároló típusú televíziórendszert feltalálta, ezzel lehetővé téve a több száz pixelsoros képfelbontást és képvisszaadást, ahogy az szabadalmai alapján világszerte megvalósult. Az új televízió alapelveit és számos kivitelezési módját 1926-ban benyújtott magyar szabadalmi bejelentésében dolgozta ki, katódsugárcsövet alkalmazva mind a kamera céljára, mind pedig vevőcsőként.

2001. szeptember 4-én az UNESCO beiktatta Tihanyi 1926-os szabadalmi bejelentésének iratait azon egyetemes jelentőséggel bíró dokumentumok közé, amelyeket mintegy szellemi világörökségként jegyez „A világ emlékezete" programban. [2] „A Memory of the World Programme 1992-ben indult, és célja a tagországokban fellelhető egyetemes értékkel bíró ritka és veszélyeztetett, írott vagy audiovizuális dokumentumok, gyűjtemények azonosítása, megőrzése, és széles körű megismertetése a világörökségihez némileg hasonló »A világ emlékezete« listán. Ezen a listán szerepel az a dokumentumokban meglévő örökség, amely a Nemzetközi Tanácsadó Bizottság (International Advisory Committee) szerint megfelelt a kiválasztás kritériumainak". [3] Ugyanabban az évben, amikor Tihanyi szabadalmi bejegyzése a szellemi világörökség részévé vált, olyan illusztris alkotásokat választottak még be, mint – többek között – Ludwig van Beethoven 9. (d-moll) szimfóniája, Goethe irodalmi hagyatéka (Goethe és Schiller Levéltár, Weimar), a 42 soros Gutenberg-biblia (Alsó-Szászország Állami és Egyetemi Könyvtára, Göttingen), a Bécsi Városi Könyvtár Schubert Gyűjteménye és James Cook naplója (Ausztrália Nemzeti Könyvtára, Canberra).

A tanulmányban azonban Tihanyi két korai haditechnikai találmányáról emlékezünk meg. Erről így írt Lajos Mihály: „1916-ban önkéntesként belépett a Magyar Királyi Honvédségbe. Az egyenruhát öltött fiatalember a 4. honvéd tüzérezred tisztjelöltjeként előbb a keleti fronton kezelte a dörgő lövegeket, majd átvezényelték Erdélybe, ahol derekasan kivette részét a Keleti-Kárpátok egyik legfontosabb átjárójánál, az Ojtozi-szorosnál dúló harcokból. Bátor helytállását bronz vitézségi éremmel díjazták, majd hadnagyi rangot kapott. Nemsokára viszont áthelyezték az Osztrák–Magyar Monarchia egyik legjelentősebb hadikikötőjébe, az Adriai-tengerbe benyúló Isztriai-félsziget déli csücskén fekvő Pulába, ahol már nem harcoló egység katonájaként, hanem rádiómérnökként szolgált, s életében először »belekóstolt« a haditechnikai fejlesztésekbe. Távirányítású gyújtószerkezetet konstruált víz alatti aknák időzítésére és felrobbantására, szárazföldi aknáját pedig kitüntetett haditechnikai találmányként könyvelték el." [1; 11.]

Tihanyi Kálmán lánya, Tihanyi Katalin a Magyar Tudomány folyóiratban 2000-ben megjelent cikkében így írt erről az időszakról. „1915-ben érettségizett Vácott, a család új székhelyén, majd 1916-ban önkéntesként bevonult a hadseregbe. A katonai szolgálat – eleinte tüzértisztként a keleti fronton, majd rádiómérnökként a Monarchia pulai hadikikötőjében – fontos gyakorlati tapasztalatokkal gyarapította, alkalmat adva két hadi találmányának megvalósítására. Felkészültségének egyik legkorábbi dokumentuma a Magyar Tudományos Akadémia kézirattárában őrzött, sok száz lapot felölelő hagyatékban az a notesz, amelyben 1912–1916 közötti találmányait rögzítette." [4; 776.] A tanulmány végén nevesítették is ezeket a találmányokat: Tihanyi K., Távirányítású gyújtószerkezet víz alatti aknák időzítésére, m. szab. Lajstromszám: 67254; és Szárazföldi akna: kitüntetett haditechnikai találmány, okiratsz.: 274711/26/1915. [4; 783.]

A következőkben ezek közül az elsőt, a víz alatti aknák időzítésére alkalmazható gyújtószerkezet keletkezésének körülményeit mutatjuk be.[1]

A TENGERI AKNÁK KIALAKULÁSA, AZ ELSŐ AKNAGYÚJTÓK

A tengeri hadviselés korabeli előretörése az ellenük kifejlesztett eszközök fejlődésére is döntő hatással volt. Megjelentek a part- és kikötővédelemben a víz alatti aknák, melyekhez azonban az addig alkalmazottaktól eltérő gyújtószerkezetekre volt szükség. Az egyik úttörő ebben a munkában Pavel Lvovics Schilling báró, a balti-német származású orosz feltaláló, katonatiszt és diplomata volt. A nevéhez fűződik az első, galvánelemekkel végrehajtott


HÉTVÉGI KALENDÁRIUM

Kárpátalja

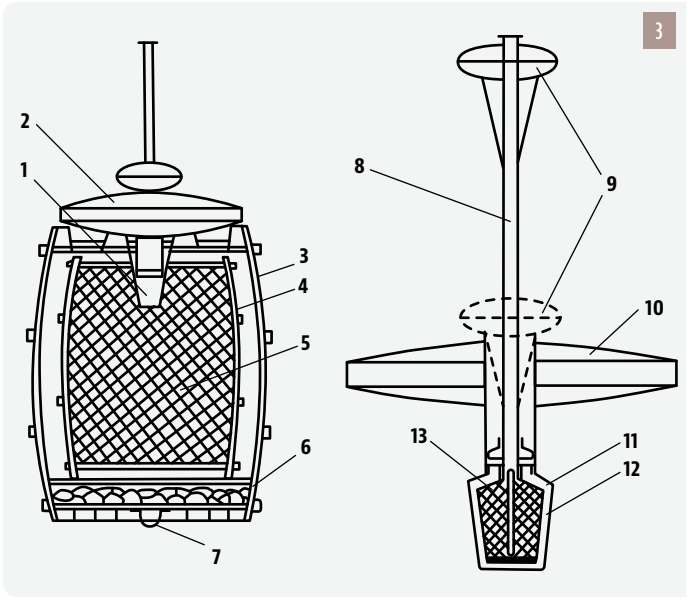
11

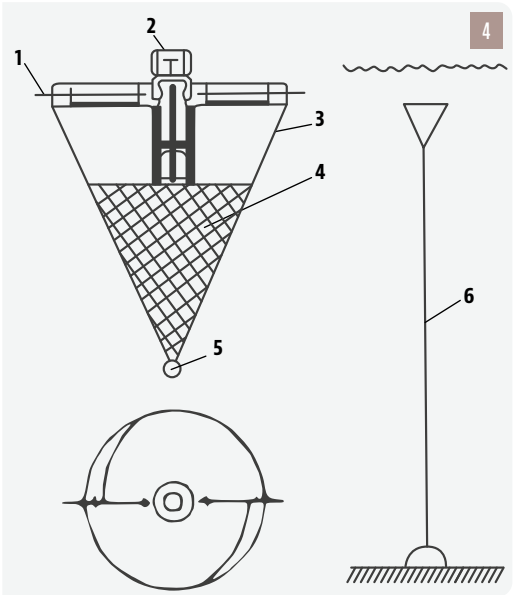
A modern televízió „atyja"

Versajánló

2. ÁBRA. **Részlet a Kárpátalja folyóirat 2013. okt. 25-i számában megjelent, Tihanyi Kálmán munkásságát összefoglaló cikkből**

[1] A szárazföldi akna tárgyú találmányát a cikk második részében ismertetjük.





3. ÁBRA. Nobel 1842-es tengeri aknája és gyújtószerkezete. 1. a gyújtószerkezet foglalata; 2. Nobel-féle gyújtószerkezet; 3. külső faburkolat; 4. belső faburkolat; 5. lőportöltet; 6. kőballaszt; 7. szemes csavar az akna lehorgonyzására; 8. biztosító rúd; 9. gyutacsbiztosító úszó; 10. inerciális tartály; 11. salétromos papír belső burkolatú gyújtóház; 12. ampulla kénsavval; 13. a gyújtószerkezet lőportöltete [7; 5.]

4. ÁBRA. Nobel 1854-es tengeri aknája. 1. rugós ütőszeg; 2. pirotechnikai gyújtószerkezet; 3. vas aknaház; 4. puskaportöltet; 5. szemes csavar az akna lehorgonyzásához; 6. aknahorgonyszerkezet [7; 8.]

aknarobbantás 1822-ben. Annak ellenére, hogy Schilling egy hajók elsüllyesztésére szolgáló tengeri akna feltalálásán dolgozott, ahol a gyújtózsinór a víz alatt is működőképes volt, a robbanótöltetek elektromos indítását a szárazföldi aknáknál is biztosította volna. Tovább menve, az új gyújtási mód lehetővé tette, hogy tetszőleges számú aknát (taposóaknát) helyezzenek el és tartsanak készenlétben egy erőd megközelítési útvonalain, bármikor felrobbantva azokat. A találmányát végül csak 1834-ben mutatták be I. Miklós cárnak, amikor Karl Andrejevics Schilder mérnök vezérőrnagy[2] az Obvodnij-csatornán egy elektromosan működtetett víz alatti aknával felrobbantott egy hajót. Bármilyen furcsa, de erről a kiváló találmányról sem az orosz, sem az európai műszaki katonák nem vettek tudomást. Még Szevasztopol 1855-ös ostrománál is a régi, tűzzel való gyújtást alkalmazták a francia utászok az alagútaknáik indítására. [5; 20–23.]

Moritz Hermann von Jacobi 1840-ben Oroszországban kétféle elektromos aknagyújtót is alkotott. Az egyikben higanyos, a másikban golyós szerkezetű áramkörzáró indította a robbanótestet, annak elbillenésekor. Bár szárazföldi aknáknál is alkalmazható lett volna, ezekre is csak a tengeri aknáknál volt igény.

Alfred Nobel apja, Emmanuel Nobel (1801–1872) szintén Oroszországban fejlesztette ki 1840-ben az új vegyi aknagyújtóját. A gyújtó felépítése és működése sokkal egyszerűbb volt, mint a Jacobi-féle gyújtóé, és elmere sem volt hozzá szükség. Alapját egy kénsavval töltött ampulla képezte, mely nyomóerő hatására összetört. A sav egy salétrommal átitatott papírra folyt, az így keletkező elegy öngyulladása pedig felrobbantotta a feketelőpor-töltetet. (3. ábra) Nobel az aknához egy különleges indító-, egyben biztonsági mechanizmust készített. A hajófenékkel érintkező indítórudat egy speciális, rajta mozgó úszóval biztosították. Amikor az akna víz alá került, az úszó felúszott és kihúzta a vegyi gyújtót biztosított állapotban tartó rudat a foglalatából. Amikor az aknát újból a felszínre emelték, az úszó a rúddal együtt visszaereszkedett az alaphelyzetébe, így biztosítva az aknát.

Nobel továbbfejlesztette az aknáját, és 1854–55-ben a Finn-öbölben, Kronstadt és Szentpétervár védelmében az orosz haditengerészet már 1391 db új Nobel-féle vegyi-gyújtós tengeri aknát (4. ábra) telepített le, megakadályozva ezzel az angol–francia flotta támadását.

Jacobi is továbbfejlesztette a saját tengeri aknáját, és a Finn-öbölben a Nobel-féle aknák mellett 474 darab, Jacobi-féle elektromos gyújtós aknát is letelepítettek, melyek kétféle gyújtási móddal rendelkeztek. Az 1854-es változatnál az akna felső fedelének közepén egy guttaperchacsésze[3] volt nyitott érintkezőkkel és egy mozgatható fakoronggal. A korong elmozdulása a guttaperchacsésze meghajlását, a gyújtóáramkör érintkezőinek záródását és ez által robbanást eredményezett. A korong és a hajótest közötti érintkezés megbízhatóságának növelése érdekében 6 függőleges fémcsap volt rajta. A gyújtóáramkör egyik vezetője a parti akkumulátorhoz volt csatlakoztatva, a másik az aknatest rézlemezéhez volt forrasztva. (5. ábra)

Jacobi 1855-ös aknájának a teste egy kívülről vaskerettel megerősített rézlemezből készült kockára hasonlított. A puskaporkamrában 26–28 kg lőpor, egy széngyújtó és egy golyós áramkörzáró volt. Az 1854-es aknához hasonlóan a parti akkumulátorhoz vezető egyik vezeték a kábel volt, a másik pedig víz. A hajó becsapódásakor az akna burkolata megdőlt, és a robbanás a biztosítékkörben lévő golyó elmozdulása után következett be. (6. ábra)

Az akkori orosz fővárosba, Szentpétervárra vezető tengeri útvonalat az új aknákkal sikerült lezárni, a támadó flotta soha nem merészkedett a Finn-öbölbe. Ugyancsak ten-

[2] Karl Andrejevics Schilder (1785–1854). Orosz hadmérnök, többek között a föld alatti aknaharc kiváló művelője, melynek eredményeként sikeresen foglalták el az orosz csapatok Várna (1828) és Szilisztria (1829) erődítményét. 1839-től a cár által az orosz tengeri aknák fejlesztésére alakított Haditengerészeti Tudományos Bizottságban dolgozott, többek között Jacobival és Emmanuel Nobellel. Bővebben lásd [16; 443–449.].

[3] Guttapercha: egy kelet-ázsiai fa tejszerű nedvéből beszárított kaucsukszerű, szigetelésre használt anyag. Ma többek között a fogászatban használják a gyökértömésekhez.

geri aknákat helyeztek el a parti hadikikötők, Sveaborg, Kronstadt és Bomarsund védelmére, továbbá a Fekete-tengeren a Duna torkolatánál, a Dnyeper–Bug-csatorna torkolatánál és a fekete-tengeri kikötő, Szevasztopol közelében is. Összesen több mint 3000 tengeri aknát telepítettek le. Ezzel megkezdődött a tengeri aknák ipari méretű gyártása.

A PÁNCÉLOZOTT HADIHAJÓK ÉS A TENGERI AKNÁK

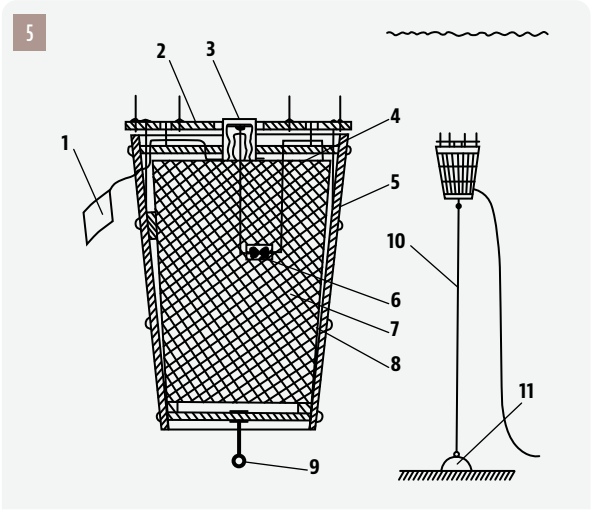
A hadviselés történetének furcsa egybeesése, hogy mind a ma is alkalmazott tengeri, mind a szárazföldi aknák megjelenése tulajdonképpen egy-egy új haditechnikai eszköz okozta kihívásra adott válasz volt. Az I. világháborúban a brit harckocsik bevetése kényszerítette ki az első harcjármű elleni aknák fejlesztését és azok ipari méretű előállításának a kezdetét.[4]

Ezt megelőzően azonban a hadihajók gyártásában következett be forradalmi változás 1858-ban. A világtengereket a gyors és hatalmas tűzerővel rendelkező angol hadihajók uralták. Ennek ellensúlyozására III. Napóleon császár egy teljesen újfajta hajót terveztetett. Ez volt az 1859-ben vízre bocsátott, 77,8 m hosszú és 5630 t vízkiszorítású La Gloire, melynek fa hajótestét a vízvonalig 4,5 hüvelyk (120 mm) vastag acéllemezek védték. (7. ábra) A francia kihívásra adott brit válasz alapjaiban változtatta meg a tengeri hadviselést. A La Gloire üzembe helyezése után négy hónappal vízre bocsátott tisztán fémtestű hajó, a 128 m hosszú, 9210 t vízkiszorítású, 4,5 hüvelyk övpáncélzatú, 40 ágyús fregatt a Warrior (címlapunkon), a világ leggyorsabb, legnagyobb, legerősebb[5] és legütőképesebben felfegyverzett hadihajója volt, amely testvérhajójával, a Black Prince-szel megerősítette Nagy-Britannia helyét a tengerek uraként. Ez jelentette egyben az átmenetet is a vitorlázásról a gőzmeghajtásra, és a Föld számos országának hajógyárai egymás után kezdték gyártani a páncélvédett hadihajókat.[6]

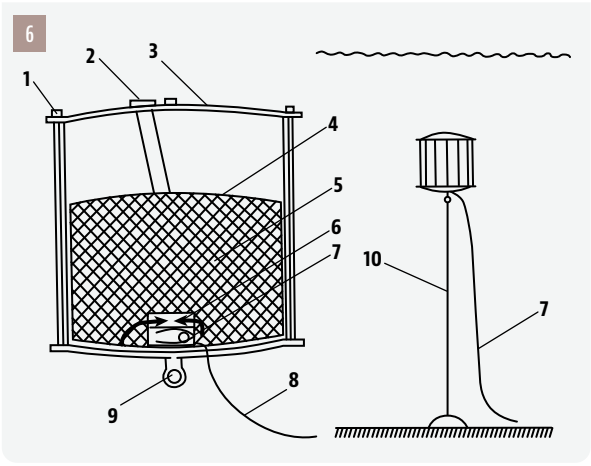
A nagy páncélos hajókkal csak megfelelő hatóerejű tengeri aknákkal tudtak volna eredményesen szembeszállni. Ezért az orosz haditengerészeti parancsnokság a hazai haditechnikai fejlesztések mellett külföldön is figyelemmel kísérte az aknafegyverek minden újdonságát. Az információk főként a nagykövetségek tengerészeti ügynökeitől (modern terminológiával a haditengerészeti attaséktól) érkeztek. 1876 júliusában a berlini ügynök, N. A. Nyevacsovics korvettkapitány jelentette, hogy meghívást kapott Kielbe egy új akna tesztjeinek bemutatójára, amelyet a német admiralitás mérnöke, Hertz talált fel. Két hónappal később Szentpétervár megkapta az akna leírását és a tesztekről szóló részletes jelentést.

Az akna fő jellemzője az volt, hogy a korábbi lőpor helyett már piroxilint[7] használtak a töltethez és egy galvánütköző gyújtószerkezetet, amely egy platina izzógyújtóból, egy hozzá kapcsolt gyutacsból és öt „Hertz-kürtből" állt. A könnyen deformálható ólomkupak „szarvak" egy-egy száraz szén-cink akkumulátort tartalmaztak, amelyeknek elektrolitját (kénsav) egy üvegampullában helyezték el. Amikor a hajó az aknának ütközött, az ólomsapka összegyűrődött, a „fiola" összetört, és az elektrolit aktiválta az akkumulátort. Az akkumulátorból származó áram a platina izzógyújtóval iniciálta az akna gyutacsát. A robbanás szinte azonnal bekövetkezett. Az akna biztonságos kezelését egy speciális „sókapcsoló" biztosította. Az akna letelepítését követően az áramkör csak azután záródott, hogy a biztosítékba helyezett só feloldódott a vízben.

Nyevacsovics arról is beszámolt, hogy a német admiralitás a Hertz-aknát nemcsak a partvédelem eszközének tekinti, hanem az ellenséggel való aktív küzdelem fegyverének is a tengeri ütközetekben. A berlini ügynökétől kapott információk alapján a flotta K. P. Pilkin ellentengernagy vezetésével működő aknabizottsága a Hertz-aknát alapvetően új modellként értékelte, amely egy új korszakot nyit az aknafegyverek fejlesztésében.[8]

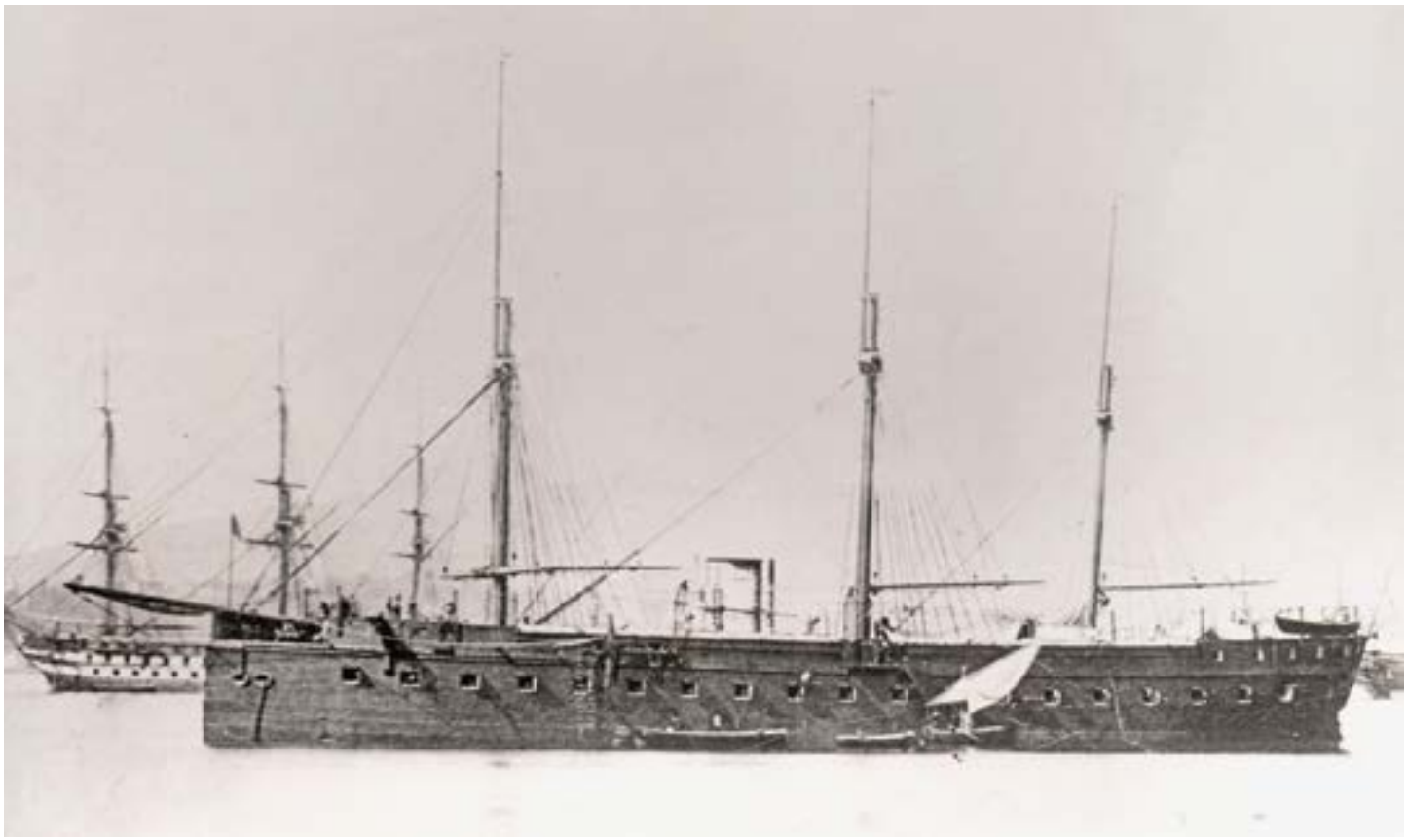


5. ÁBRA. Jacobi-féle tengeri akna 1854.
1. rézlemez, melyhez a gyújtóvezeték egyik pólusát forrasztották; 2. mozgatható fakorong; 3. guttaperchacsésze nyitott érintkezőkkel; 4. belső fatok; 5. külső fém aknatest; 6. szén-gyújtó; 7. puskaporos töltet; 8. elektromos vezeték a parti akkumulátorhoz; 9. szemes csavar az akna lehorgonyzására; 10. aknahorgonykábel; 11. horgony [7; 7.]



6. ÁBRA. Jacobi-féle tengeri akna 1855.
1. vaskeret; 2. cső a lőpor töltéséhez; 3. külső rézház; 4. belső rézház; 5. lőportöltet; 6. szén biztosíték; 7. golyós áramkörzáró; 8. elektromos vezeték a parti akkumulátorhoz; 9. szemes csavar az akna lehorgonyzására; 10. aknahorgonykábel [7; 9.]

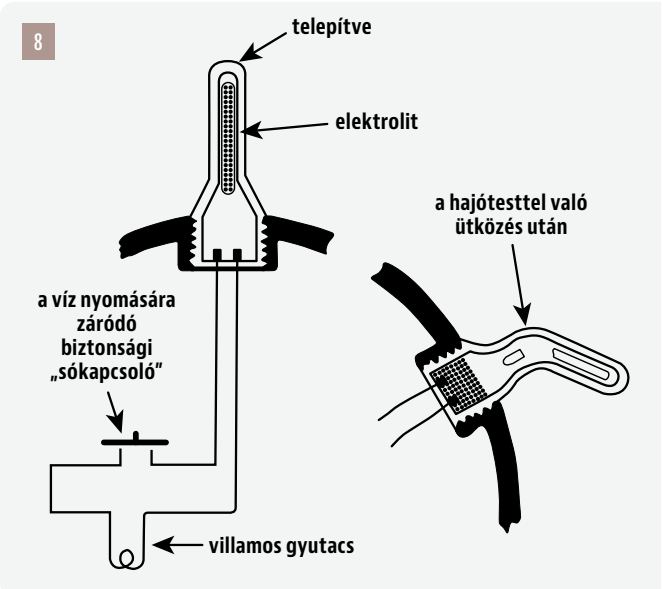
[4] Bővebben lásd [6].
[5] Egytengelyes, kéthengeres John Penn and Sons gőzgép hajtotta, mely 5772 lóerőt (4304 kW-ot) adott le. Maximális sebessége 14 csomó (26 km/h; 16 mph) volt. [18]
[6] Bővebben lásd [8; 149–150.]
[7] A piroxilin Christian Friedrich Schönbein által 1846-ban felfedezett robbanóanyag: cellulóz-nitrát, másképpen lőgyapot, melynek hatása az addig alkalmazott lőporénak 4–5-szöröse volt.
[8] Ennek igazát bizonyítja, hogy még a II. világháborúban is széleskörűen alkalmazták a „Hertz-kürtöket" a tengeri aknáknál, mivel azok a vízben akár több évig is működőképesek maradtak.



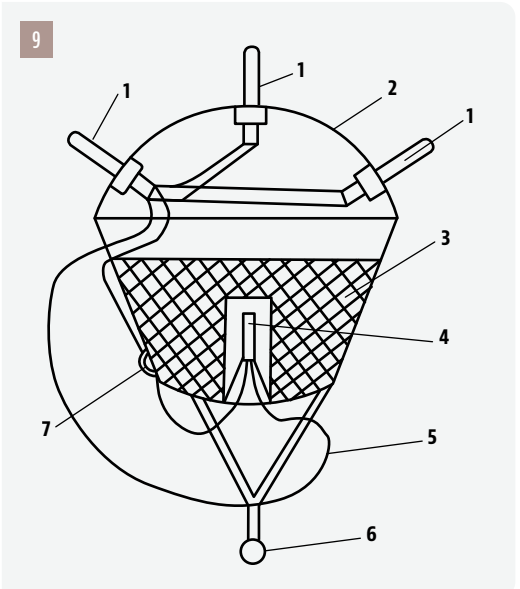
7. ÁBRA. A Dupuy de Lôme francia mérnök tervei alapján épített La Gloire páncélozott fregattot 1859. november 24-én bocsátották vízre (Forrás: Wikipédia)

1876 októberében Sz. Sz. Lesovszkij ellentengernagy, a tengerészeti minisztérium vezetője utasította Nyevacsovicsot, hogy adjon megbízást 200 Hertz-akna németországi gyártására. Alig egy hónappal később alá is írták az erről szóló szerződést a Küklopsz gépgyárral. Hasonló szerződéseket más cégekkel is kötöttek aknaalkatrészek gyártására. A késztermékek szállítása az egyes gyártóktól külön-külön történt, és az aknákat orosz szakembereknek kellett helyben összeszerelniük.

Az első adag akna 1876 novemberében érkezett meg Szentpétervárra, és a délen állomásozó Duna-hadsereg vezérkari főnöke már decemberben megkereste a Műszaki Osztályt és a Tengerügyi Minisztériumot azzal, hogy 150 Hertz-akna szállítására van-e lehetőség a dunai átkelők védelmére. Az aknákat sürgősen elküldték, de a lehorgonyzó eszközök nélkül. Ezeket helyi anyagokkal kellett pótolni (például megfelelő súlyú köveket használva horgonyként). Az első szerződést követően a berlini gyárak számos megrendelést kaptak Oroszországtól, és 1876 novemberétől 1878 júliusáig, azaz kevesebb, mint másfél év alatt, a Tengerészeti és a Hadügyminisztérium 4035, 2100, illetve 1935 aknát kapott Németországtól. Ezeket csak dé-



8. ÁBRA. A Hertz-kürt működése [15; 42. 17. ábra]



9. ÁBRA. Hertz tengeri aknája 1876. 1. „Hertz-kürt" – galvanizált ólomkupak; 2. vasház; 3. piroxilintöltet: 4. gyújtószerkezet; 5. a gyújtó csatlakozóvezetékei; 6. szemes csavar az akna lehorgonyzásához; 7. a gyújtólánc biztonsági sókapcsolója [7; 10.]

len használták fel, ahová az 1877–1878-as orosz–török háború alatt 860 Hertz-aknát küldtek, a többi a Balti-tengeren maradt, és a Balti Flotta aknakészletének alapját képezte. [7; 10–11.]

A brit haditengerészet aztán tovább emelte a tétet, és 1906-ban rendszerbe állították az HMS Dreadnought csatahajót, mely olyan előrelépést jelentett a haditengerészeti technológiában, hogy nevéhez a csatahajók egész generációja (a „dreadnoughtok"), valamint a róla elnevezett hajóosztály is társult. Emellett ez volt az első olyan csatahajó, amelyet gőzturbinák hajtottak, így elkészülte idején a világ leggyorsabb ilyen hajója volt. Megjelenése hozzájárult a haditengerészeti fegyverkezési verseny kirobbanásához, mivel a világ haditengerészetei, különösen a Német Császári Haditengerészet az első világháborút megelőzően igyekeztek felvenni vele a versenyt.[9] [10] A Dreadnought Krupp-cementált páncélzata vízvonali övének vastagsága 279 mm (11 hüvelyk) volt. Ezek ellen a „szuper" hadihajók ellen, a szintén nagy sebességgel fejlesztett Luppis–Whitehead torpedók mellett [8; 152–157.] még inkább előtérbe került az újabb, korszerűbb és nagyobb hatóerejű tengeri aknák fejlesztésének szükségessége.

TIHANYI KÁLMÁN VÍZ ALATTI AKNAGYÚJTÓJA

A korabeli tengeri aknák áttekintése után térjünk rá arra, miben különbözött a Tihanyi Kálmán által kifejlesztett gyújtókészülék a széles körben alkalmazott többi modelltől.

Tihanyi 1914-ben nyújtotta be „Páncélhajó közeledtével önműködően gyújtó berendezés robbantóaknákhoz" tárgyú találmányát, amelyről a Szabadalmi Újság tudósított. [9; 11.] Magát az eredeti szabadalmi leírást egyből sikerült digitalizált formában megtalálnom a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala[11] elektronikus adatbázisában. Ebben a feltaláló így jellemezte azt röviden: „A találmány tárgya gyújtóberendezés robbantóaknákhoz, mely a hajó közeledtével önműködően gyújt. Lényegében egy asztatikus mágnestű, mely a páncélozott hajó vasrészeinek hatására, bizonyos irányt vesz föl, mely helyzetben áramkört zár. Ezen áramkör lehet akár a villamos gyújtóberendezés áramköre, akár pedig egy mágnesé, mely valamely ismeretes mechanikai gyújtószerkezetet hoz működésbe." [10] Hogy mi is ez a rejtélyesnek tűnő szerkezeti eleme a gyújtónak, arról a Pallas nagy lexikona ezt írja: „Asztatikus tűk azok a mágnestűk, melyeket csak rendkívül csekély erő tart a mágnesi meridiánban. A mágnestű asztatikussá tehető az által, hogy közelében egy acélmágnest helyezünk el úgy, hogy a földmágnességnek a tűre való hatását jóformán teljesen ellensúlyozza." [11; 255.]

A találmány szabadalmi leírását több mint 110 év után tárjuk az olvasók elé.

„A találmány egyik példaképen föltüntetett alakja a mellékelt rajzon is látható: Az asztatikus tu az (1, 2) egymástól szigetelt rézlapok közé van ágyazva s rendes helyzete az 1. ábra szerinti, míg ha hajó ér az akna fölé, az asztatikus tű a nyíl irányában elfordul, miközben (7) kiszélesedett részei az (1, 2) keret (7a) nyúlványaihoz érnek, s így az áramkört zárják. (1. ábra távlati kép; 2. ábra elölnézet.)

Az (1, 2) keretlap a (4, 5) egymástól szigetelt rézlapok közé van ingaszerűen kilenghetően ágyazva (a keret önkilengését fékezni kell), hogy a keret az akna ingadozásai dacára is függőleges helyzetben maradjon s így a tű is a rendes irányú helyzetében zárja az áramkört; meg aztán ha nem lenne a keret ingaszerűen ágyazva, az akna ingadozásai következtében a keret a tűhöz érne s így az akna szükségtelenül fölrobbanna.

Az asztatikus tű az 1. ábra szerinti helyzetében éppen a keret ingaszerű ágyazása következtében megmarad s csak vastömegek hatására mozdul el, de biztonság céljából lehet a berendezést úgy kiképezni, hogy a tűpár egyik fele (a jobboldali) nagyon keveset nehezebb, mint a másik, míg az utóbbit egy kar (6) tartja le.

Az így fölszerelt akna tengerbe süllyesztésekor ajánlatos az áramkörbe óraszerkezetet iktatni és azt úgy beigazítani, hogy csak akkor kapcsolja be az áramkört, midőn már a mi hajónk eltávozott, nehogy a gyújtószerkezetet a saját hajónk vasrészei működésbe hozzák.[12]

SZABADALMI IGÉNYEK

1. A hajó közeledtével, önműködően gyújtó berendezés robbanóaknákhoz, jellemezve azáltal, hogy az asztatikus tű a hajó vastömegeinek hatására bizonyos irányt vesz föl, mely helyzetben áramkört zár.
2. Az 1. alatt igényelt berendezés egy foganatosítási alakja, jellemezve azáltal, hogy az asztatikus tű kerete ingaszerűen kilenghetően van ágyazva.
3. Az 1. alatt igényelt berendezés egy foganatosítási alakja, jellemezve azáltal, hogy az asztatikus tű rendes (nem áramkörzáró) helyzetében azáltal marad meg, hogy az egyik vége kissé nehezebb, mint a másik, melyet a fölbillenés ellen kar tart le." [10]

---

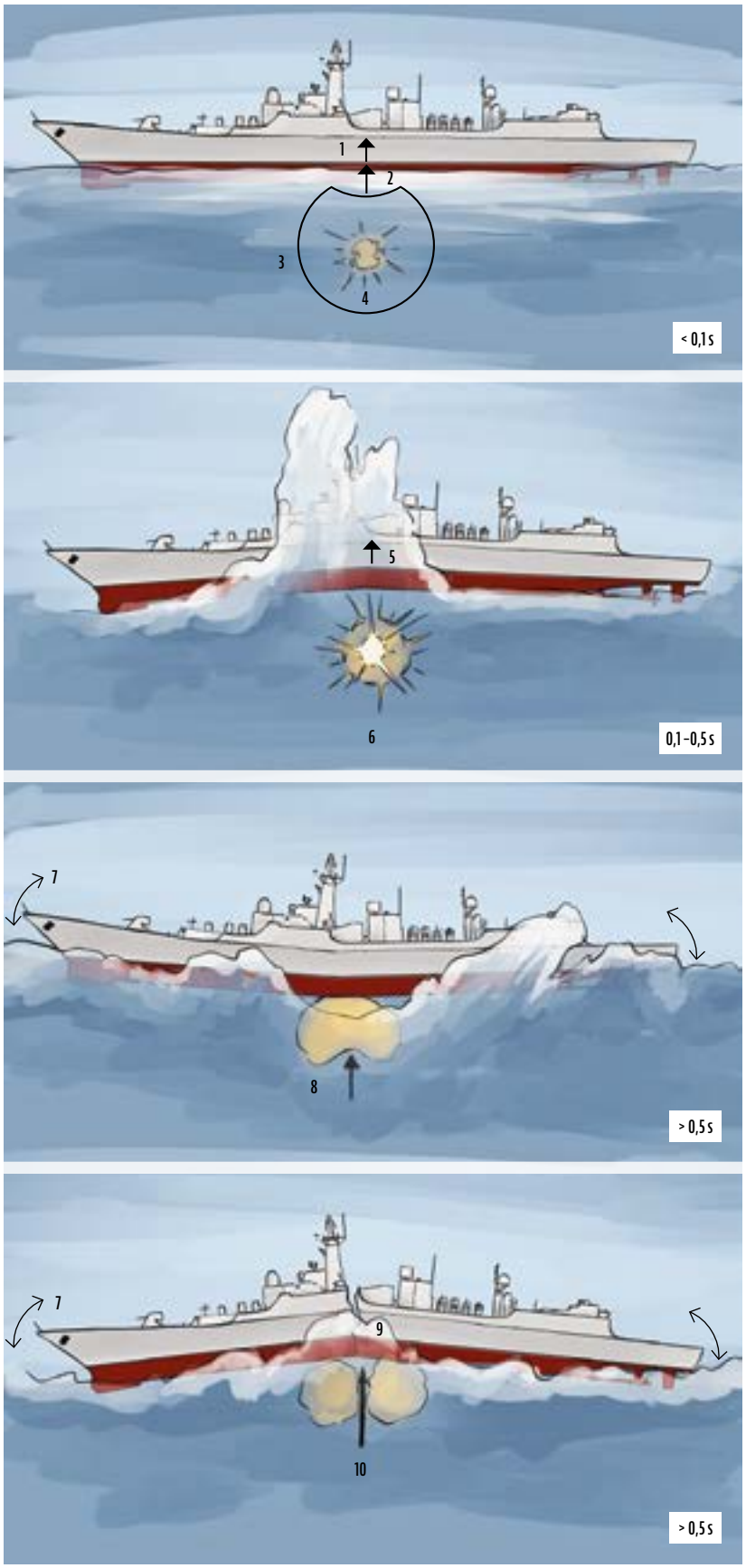
[9] Ennek keretében épült meg az Osztrák–Magyar Monarchia 1915-ben átadott, Tegetthoff-osztályú Szent István csatahajója is. A sors iróniája, hogy a 152 m hosszú, 27,3 m széles, 20 013 tonnás csatahajót – melynek az oldalát 280 mm vastag páncél védte – 1918. jún. 10-én hajnalban, az első harci bevetésére indulva, egy mindössze 16 m hosszú, 3 m széles, 8 tonna vízkiszorítású olasz MAS-torpedóvető motorcsónak pusztította el 2 db 450 mm-es, egyenként 150 kg robbanóanyagot tartalmazó Whitehead torpedóval. Az első torpedó feltalálója pedig az osztrák–magyar haditengerészet tisztje, Giovanni Luppis volt, aki Robert Whitehead angol gépészmérnökkel fejlesztette tovább találmányát. Hivatalosan 1866. dec. 21-én mutatták be az első önállóan működő torpedót az osztrák–magyar állami bizottságnak értékelésre. 1867. máj. 27-én a haditengerészet 200 000 forintot fizetett ki a feltalálónak a szabadalomért, Ferenc József császár pedig Luppist 1869. aug. 1-jén osztrák nemesi rangra emelte, ettől kezdve viselhette a von Rammer („Elsüllyesztő") előnevet.

[10] Bővebben lásd [17; 83–85.].

[11] https://www.sztnh.gov.hu/hu

[12] Az aknarakó és -szedő hajók egy része nem véletlenül készült fából, vagy – ahogy a magyar aknásznaszádok is – alumíniumból.

10. ÁBRA. **A robbanási lökéshullám keltette gázbuborék hatása a hajótestre. 1. lökéshullám kezdősebessége; 2. hajótestre ható erő; 3. lökéshullám; 4. légbuborék; 5. megemelkedő hajótest, meghajló hajógerinc; 6. légbuborék tágulása; 7. a hajó far- és tatrészének ostorcsapásszerű ellenhatása; 8. összeomló légbuborék; 9. hajótest törése; 10. a víz betörése a hajótestbe** (A szerző szerkesztése [12] alapján)



A Tihanyi-féle aknagyújtó működési elve korszakos újításnak számított, hiszen nem közvetlen ütközés, hanem a hajó fémtömegének mágneses hatása váltotta ki a robbanást. Ez a megoldás több szempontból előnyös volt:

- **távolsági indítás:** a robbanás már a hajótest alatt, kontaktus nélkül következett be, ami növelte a pusztító hatást;
- **nagyobb biztonság:** a kontaktgyújtókkal ellentétben kevésbé volt érzékeny a véletlen mechanikai behatásokra;
- **taktikai előny:** a robbanás helyzete kevésbé volt kiszámítható az ellenség számára.

Ugyanakkor a szerkezet hátrányai közé tartozhatott az érzékenység szabályozásának nehézsége, az asztatikus mágnestű működési bizonytalansága, valamint a haditengerészeti alkalmazásban elengedhetetlen üzembiztonság kérdése. Ezek a tényezők hozzájárulhattak ahhoz, hogy a találmány nem terjedt el széles körben a Monarchia flottájában.

A szabadalomhoz a 11. ábra műszaki rajzait mellékelte a feltaláló.

Tihanyi egy 1930-ban adott interjújában így emlékezett vissza a találmány megszületésének körülményeire. „Üzbégen, Nyitra megyében születtem. Apám vasúti elöljáró volt. Mint kis gyermek kerültem apámmal Pozsonyba. Gimnáziumba járattak, de már ekkor nagy kedvem volt a technikához. Fúrtam, faragtam, fából és pléhből repülőgépeket gyártottam otthon, úgyhogy a gimnázium mellett elektrotechnikai iskolába is jártam. Tizenöt éves koromban már voltak apróbb találmányaim. Mikor tizennégy éves voltam, kitaláltam a filmautomatát. Persze később más is kitalálta és megcsinálta. Tizenhét éves koromban Vácra kerültem, ahol, mint hetedikes gimnazista feltaláltam egy gázlámpa távgyújtót. Az egyik bécsi gyár megvette tőlem 1500 koronáért. Ekkor már komoly terveim voltak, nehezebb technikai kérdéseket szerettem volna megoldani, de a háború közbeszólt, bevonultam. Mint hadnagy szolgáltam Pólában,[13] sajnos, nem tudtam bekerülni a műszaki osztályba, de így is minden szabad időmet munkára fordítottam. Így történt, hogy aknagyújtó találmányomat a pólai kikötő-parancsnokság megvette. […] Ahogy diákkoromban kezdtem, úgy folytattam a háború után is: ha pénzre volt szükség, ha bajba jutottam, kitaláltam valamit és abból megéltem." [13] Az aknagyújtó további sorsáról egy másik, szintén 1930-as interjúból tudhatunk meg többet, mely szerint akkorra az már az olasz állam tulajdonába került. [14]

Befejezésül még egy érdekességről kell szólnunk a szerkezettel kapcsolatban. Az összes fent bemutatott tengeri akna kontaktműködésű volt, tehát a hajótestnek ütköznie kellett a gyújtószerkezettel, mely közvetlenül a hajótest alatt robbantotta az aknát. Tihanyi gyújtószerkezetét azonban a felette elhaladó fémtömeg aktivizálta, ennek következtében az akna és a hajótest között nem volt közvetlen fizikai kontaktus. A találmányban nincs említve arra vonatkozó adat, hogy milyen akna–hajótest távolságon belül

[13] Mai nevén Pula, Horvátország területén.

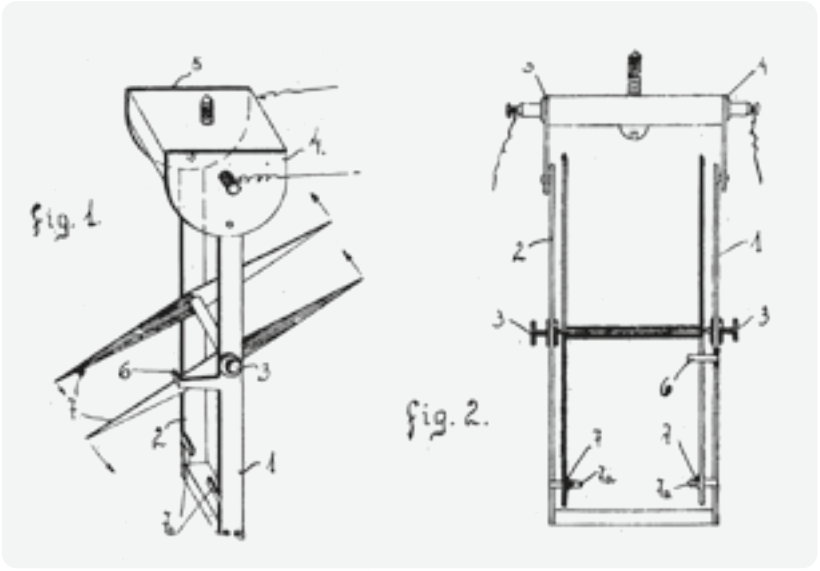
működik a robbanószerkezet, ezt feltehetően befolyásolta az adott úszótest fémtömege is. Ez viszont az jelenti, hogy a találmány akaratlanul is jóval megelőzhette a korát.

A jelen kor torpedófejlesztéseinél már a víz alatti robbanás során keletkező gázbuborék hajótestekre gyakorolt pusztító hatásával is számolnak. A megfelelő gyújtószerkezettel a hajó közepe alatt, adott mélységben robbantott töltet által képződött buborék az úszótestet megemelve kettétöri azt, majd a robbanás negatív fázisa teszi teljessé a pusztítást. (10. ábra) Bár a szabadalomban nem szerepel pontos adat a működési távolságra vonatkozóan, elméletileg feltételezhető, hogy ha a Tihanyi-féle akna és a hajó gerince alatt megfelelő távolság, vagyis szabad vízfelület volt, akkor a hajótest alatt bekövetkező robbanás hasonló pusztító hatást fejthetett ki, mint a mai torpedók esetében a buborékhatás. Ez azonban a rendelkezésre álló adatok alapján nem igazolható, mivel a korabeli technológiai színvonalon ilyen hatás mérésére vagy igazolására nem került sor.

Az 1910-es években használt aknagyújtók többsége kontaktműködésű volt (pl. Hertz-érintőszarvas aknák, Jacobi-féle elektromos gyújtók), amelyek csak közvetlen ütközés után robbantották fel a töltetet. Ehhez képest Tihanyi találmánya előrevetítette a modern, mágneses és akusztikus érzékelők elvét, amelyeket csak a II. világháborúban kezdtek rendszeresen alkalmazni. A korszak technológiai szintjéhez képest Tihanyi gyújtója egyértelműen innovatívabb és előremutatóbb volt, de a Monarchia ipari háttere és a háborús körülmények nem kedveztek a széles körű kísérleteknek. A kutatás során nem sikerült fellelni olyan katonai dokumentumot, amely bizonyítaná, hogy a Tihanyi-féle víz alatti aknagyújtót ténylegesen rendszeresítették volna az Osztrák–Magyar Monarchia flottájában. Valószínű, hogy a prototípus elkészült, és a haditengerészet megvásárolta a szabadalmat, de tömeggyártásáról vagy hadihajókon való alkalmazásáról nincs adat. Ez arra utal, hogy a találmány inkább technológiai érdekesség és előremutató kísérlet maradt, semmint ténylegesen használt fegyverrendszer.

A cikk következő részében a Tihanyi Kálmán által kifejlesztett szárazföldi szóró repeszaknáról számolunk be. ■

(Folytatjuk)



11. ÁBRA. **Tihanyi Kálmán szabadalmi leírásának ábrája** [10]

HIVATKOZÁSOK

[1] Lajos Mihály: A modern televízió „atyja”. Kárpátalja, 2013. 10. 25. 11.

[2] Kalman Tihanyi’s 1926 Patent Application Radioskop. https://www.unesco.org/en/memory-world/kalman-tihanyis-1926-patent-application-radioskop (Letöltve: 2025.06.01.)

[3] Világemlékezet Program. https://unesco.hu/vilagemlekezet (Letöltve: 2025.05.26.)

[4] Tihanyi Katalin: A televízió magyar úttörője. Magyar Tudomány, XLV. kötet, 2000. 6. 774–784.

[5] Веремеев, Юрий Георгиевич: Мины вчера, сегодня, завтра. [Aknák tegnap, ma, holnap] Минск: Современная школа, 2008.

[6] Lukács László: A kőszóró aknáktól az intelligens szárazföldi aknákig. 2. rész. Szárazföldi aknák a 19. századtól az I. világháború befejezéséig. Haditechnika 2025/4, 2–7. DOI: 10.23713/HT.59.4.01

[7] Коршунов, Ю. Л. – Дьяконов, Ю. П.: Мины российского флота. № 5 Морское оружие. [Az orosz flotta aknái. No.5. Tengeri fegyver] С.-Петербург: Издательство «Гангут» МП «Нептун» 1995.

[8] Lukács László: Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban az 1800-as évek végétől napjainkig. Budapest, Ludovika, 2023.

[9] Tihanyi Kálmán: Páncélhajó közeledtével önműködően gyújtó berendezés robbantó aknákhoz. Szabadalmi Újság, 1914.12.25. (23–24. szám), 11.

[10] Tihanyi Kálmán: Páncélhajó közeledtével önműködően gyújtó berendezés robbantó aknákhoz – Szabadalmi leírás. 67254. szám, XIX/f osztály. Bejelentés napja 1914.04.02. Megjelent 1915.12.14.

[11] A Pallas nagy lexikona, 2. kötet. Arafalo–Békalen. Budapest, Pallas irodalmi és nyomdai részvénytársaság, 1893.

[12] Smith, Malcolm J. – Lee, Julian J.: Ship-like target design for underwater explosion experiments. Defence Research and Development Canada, Scientific Report DRDC-RDDC-2017-R096, September 2017. https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc284/p805694_A1b.pdf (2022.02.24.) 1. 3. ábra (Letöltve: 2025.03.21.)

[13] Révész György: Tihanyi Kálmán feltaláló nagy külföldi sikerei. Az Est. 1930.01.01., 3.

[14] Fodor Nándor: Egy magyar mérnök megoldotta Anglia tökéletes légi védelmének problémáját. Pesti Hírlap, 1930.05.22., 6.

[15] Duncan, Robert C.: America’s use of sea mines. United States Naval Ordnance Laboratory. White Oak, Silver Spring, Maryland. January 1962.

[16] Lukács László: Szemelvények a hazai katonai robbantástechnika és a föld alatti aknaharc fejlődéstörténetéből. Budapest, Ludovika, 2023.

[17] Daruka Norbert: A magyar hadihajózás helyzete az I. világháborúban. Műszaki Katonai Közlöny 2014/2, 81–92.

[18] HMS Warrior (1860). https://en.wikipedia.org/wiki/HMS_Warrior_(1860) (Letöltve: 2025.03.21.)



MOTTÓ:
„A robbantástechnikai fejlesztések célja nem a nagyobb rombolóerő, hanem a rendelkezésre álló energia hatékonyabb felhasználása."
DARUKA NORBERT

SZALKAI LÁSZLÓ* – DARUKA NORBERT**

INNOVÁCIÓ A ROBBANTÁSOS NYÍLÁSZÁRÓNYITÁS SZOLGÁLATÁBAN I. RÉSZ

AZ ADDITÍV GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁVAL FEJLESZTETT AJTÓROBBANTÓ KAZETTA ÚTJA AZ ÖTLETTŐL A ROBBANTÁSI VALIDÁCIÓIG

1. ÁBRA. **A robbantási kísérletek helyszínén készült drónfelvétel** (Videó: Kugyela Lóránd)

* Rendőr őrnagy, NKE KMDI doktorandusz; Terrorelhárítási Központ, Műveleti tiszt/Műszaki specialista. ORCID: 0000-0002-4843-4591

** PhD, Magyar Honvédség Transzformációs Parancsnokság, Tudományos Kutatóhely, osztályvezető, robbanóanyag-ipari szakmérnök. ORCID: 0000-0002-7102-1787

Összefoglalás: *A kézirat egy additív gyártástechnológiával fejlesztett Ajtó Robbantó Kazetta (ARK) kutatás-fejlesztési és validációs folyamatát ismerteti. A kutatás célja annak vizsgálata volt, hogy a 3D nyomtatással előállított töltetházak miként növelhetik a robbantásos nyílászárónyitás hatékonyságát a robbanási energia célzott hasznosításával. Bemutatjuk a digitális tervezés, a prototípusgyártás és a robbantáskísérletek főbb lépéseit, valamint biztonsági ajtókon végrehajtott vizsgálatok eredményeit. A kutatás igazolta, hogy a funkcionális nyitás eredményessége nem kizárólag a robbanóanyag mennyiségétől, hanem annak geometriai kialakításától és energiaátadási hatékonyságától is függ. Az eredmények új lehetőségeket nyitnak az additív gyártástechnológiára épülő robbantástechnikai fejlesztések számára.*

Kulcsszavak: *additív gyártástechnológia, robbantásos nyílászárónyitás, kontrollált energiaátadás, biztonsági ajtó, funkcionális nyitás, prototípusfejlesztés*

Abstract: *This paper describes the research, development, and validation process of a Door Blasting Cassette created using additive manufacturing technology. The aim of the research was to investigate how 3D-printed charge housings can increase the efficiency of explosive door and window opening through the targeted utilization of explosive energy. We present the main steps of digital design, prototype manufacturing, and blasting experiments, as well as the results of tests conducted on security doors. The research confirmed that the effectiveness of functional opening depends not only on the amount of explosive material but also on its geometric design and energy transfer efficiency. The results open up new ways for explosive technology developments based on additive manufacturing technology.*

Keywords: *additive manufacturing technology, explosive door opening, controlled energy transfer, security door, functional opening, prototype development.*

DOI: 10.23713/HT.60.5.02

BEVEZETÉS

A 21. század műveleti környezetének egyik meghatározó sajátossága a műveletek fokozódó urbanizációja. A modern fegyveres konfliktusok, terrorelhárító beavatkozások, tűszmentő műveletek, valamint a magas kockázatú rendészeti intézkedések jelentős része beépített környezetben zajlik. [1] (2. ábra) A városi hadviselés (Urban Warfare, illetve a katonai szakirodalomban egyre gyakrabban alkalmazott MOUT, vagyis Military Operations in Urban Terrain[1]) műveleti környezet sajátossága, hogy a harctevékenység és a rendvédelmi beavatkozások súlypontja az épületek, objektumok és azok belső tereinek ellenőrzésére helyeződik át. [2]

Ebből adódóan az épített infrastruktúra már nem csupán a műveletek helyszínéül szolgál, hanem aktív műveleti tényezővé válik. Az épületek szerkezeti elemei – különösen a nyílászárók – egyszerre szolgálnak fizikai akadályként, védelmi komponensként és taktikai jelentőségű objektumként. A katonai és rendvédelmi szervezetek számára ezért kiemelt jelentőségűvé vált azon képességek fejlesztése, amelyek lehetővé teszik a zárt terek gyors, kontrollált és biztonságos megközelítését, illetve szükség esetén azok erőszakos megnyitását.

A nyílászárók szerepe az elmúlt évtizedekben jelentős változáson ment keresztül. Míg korábban elsődlegesen építészeti és komfortfunkciókat láttak el, addig napjainkban a biztonságtechnikai fejlesztések egyik legfontosabb területévé váltak. Az EN 1627 szabvány[2] szerinti magas ellenállási osztályú ajtók, a többirányú reteszelőrendszerek, a többrétegű acélmerevítések, a speciális zárszerkezetek, valamint a robbanás-, tűz- és behatolásálló kialakítások következtében a korszerű biztonsági ajtók komplex mérnöki rendszerekké fejlődtek. Ezek a szerkezetek eredeti rendeltetésüknek megfelelően hatékonyan képesek késleltetni vagy megakadályozni az illetéktelen behatolást, ugyanakkor a jogszerű katonai és rendvédelmi beavatkozások során is jelentős akadályt képezhetnek.

Fontos kiemelni a szabványrendszer teljes felépítését, hiszen maga az EN 1627 valójában egy szabványcsalád része. (1. táblázat)

A különböző típusú minősített nyílászáró-szerkezetet a minősítési eljárás során mindhárom vizsgálattípusnak alávetik. A szabványi követelmények a haditechnikai és biztonságtechnikai kutatások szempontjából különösen fontosnak tekinthetők, mivel objektív mérőszámot adnak annak meghatározására, hogy egy adott nyílászáró milyen mértékű és jellegű mechanikai támadásnak képes ellenállni. Ez közvetlenül befolyásolja a robbantásos nyitáshoz szükséges energia mennyiségét, a töltet kialakítását és a behatolási stratégia megválasztását.

1. TÁBLÁZAT. **EN 1627 szabványcsalád**

Szabvány	Tartalom
EN 1627	Követelmények és osztályozás
EN 1628	Statikus terhelési vizsgálat
EN 1629	Dinamikus terhelési vizsgálat
EN 1630	Kézi betörési kísérlet vizsgálata

2. TÁBLÁZAT. **Ellenállási osztályok**
(A szerzők szerkesztése az EN 1627 adatai alapján)

Osztály	Támadó típusa	Jellemző behatolási eszközök	Ellenállási idő
RC1	alkalmi elkövető	fizikai erő	½ perc
RC2	egyszerű betörő	csavarhúzó, fogó, ék	3 perc
RC3	tapasztalt betörő	feszítővas, nagyobb csavarhúzó	5 perc
RC4	gyakorlott támadó	kalapács, véső, balta, akkus fúró	10 perc
RC5	professzionális támadó	elektromos szerszámok	15 perc
RC6	magasan képzett támadó	nagy teljesítményű elektromos szerszámok	20 perc

A szabvány 6 db ellenállási osztályt (RC – Resistance Class) különböztet meg. (2. táblázat)

A robbantásos nyílászárónyitásnál az ajtó RC-osztálya gyakorlatilag a célszerkezet mechanikai „nehézségi fokát" jelenti. Egy RC2-es ajtó esetében általában egy vagy két reteszelési pont, kisebb acélmerevítés, korlátozott zárvédelem található. Ezzel szemben egy RC4–RC5 kategóriájú ajtó esetében többirányú reteszeléssel, acélmerevített tokozattal, zsanéroldali biztosítással, nagy tömegű acéllemezekkel, illetve speciális zártestekkel találkozunk.

A kutatásban szereplő minősített biztonsági ajtók esetében a robbantásos nyitás hatékonyságát nem az ajtólap teljes roncsolása, hanem a zárkörnyezet lokális gyengítése biztosította. Ez teljes mértékben összhangban van



2. ÁBRA. **Beépített környezet mint műveleti terület: a rendvédelmi feladatok egyre gyakrabban zajlanak bonyolult, zárt terekben** (Forrás: Shutterstock)

[1] Katonai műveletek városi környezetben.

[2] Az EN 1627 szabvány szerinti RC (Resistance Class: ellenállási osztály) osztályozási rendszer ma már nem csupán a polgári betörésvédelem alapvető referenciarendszere, hanem a katonai és rendvédelmi robbantásos nyílászárónyitás tervezésének egyik meghatározó kiindulási pontja is. Az ellenállási osztály ismerete lehetővé teszi a célszerkezet várható mechanikai viselkedésének előzetes becslését, ezáltal hozzájárul a szükséges robbanóanyag-mennyiség optimalizálásához, valamint a kontrollált energiaátadás elvének gyakorlati megvalósításához.

3. TÁBLÁZAT. **Az additív gyártás főbb technológiái**

Technológia	Anyag
FDM (Fused Deposition Modeling)	műanyag
SLA (Stereolithography)	műgyanta
SLS (Selective Laser Sintering)	műanyag por
DMLS/SLM	fémpor
BJ (Binder Jetting)	poralapú rendszerek
WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing)	huzal + ívhegesztés

az EN 1627 mögött álló mérnöki filozófiával, hiszen a szabvány is elsősorban a zárási rendszer ellenálló képességét vizsgálja, nem pedig az ajtólap globális szilárdságát.

A gyakorlat azt mutatja, hogy a mechanikai behatolási módszerek – hidraulikus feszítőeszközök, pneumatikus emelőberendezések, akkumulátoros vágóeszközök vagy speciális kéziszerszámok – számos esetben megfelelő megoldást kínálnak a nyílászárók leküzdésére. Bizonyos műveleti helyzetekben azonban ezek az eljárások már nem biztosítják a szükséges gyorsaságot vagy hatékonyságot, illetve egyes speciális esetekben nem alkalmazhatók (például körfolyosók esetében a hidraulikus feszítők nem támaszthatók meg). Különösen igaz ez a terrorelhárító, túszmentő vagy fegyveres elfogási műveletekre, ahol a döntő beavatkozás végrehajtására rendelkezésre álló idő gyakran másodpercekben mérhető. Ilyen esetekben a késlekedés közvetlenül veszélyeztetheti a végrehajtó állomány, a túszok vagy a civil személyek biztonságát. [3]

3. ÁBRA.
Ajtó Robbantó Kazetta (ARK)
(A szerzők felvétele)



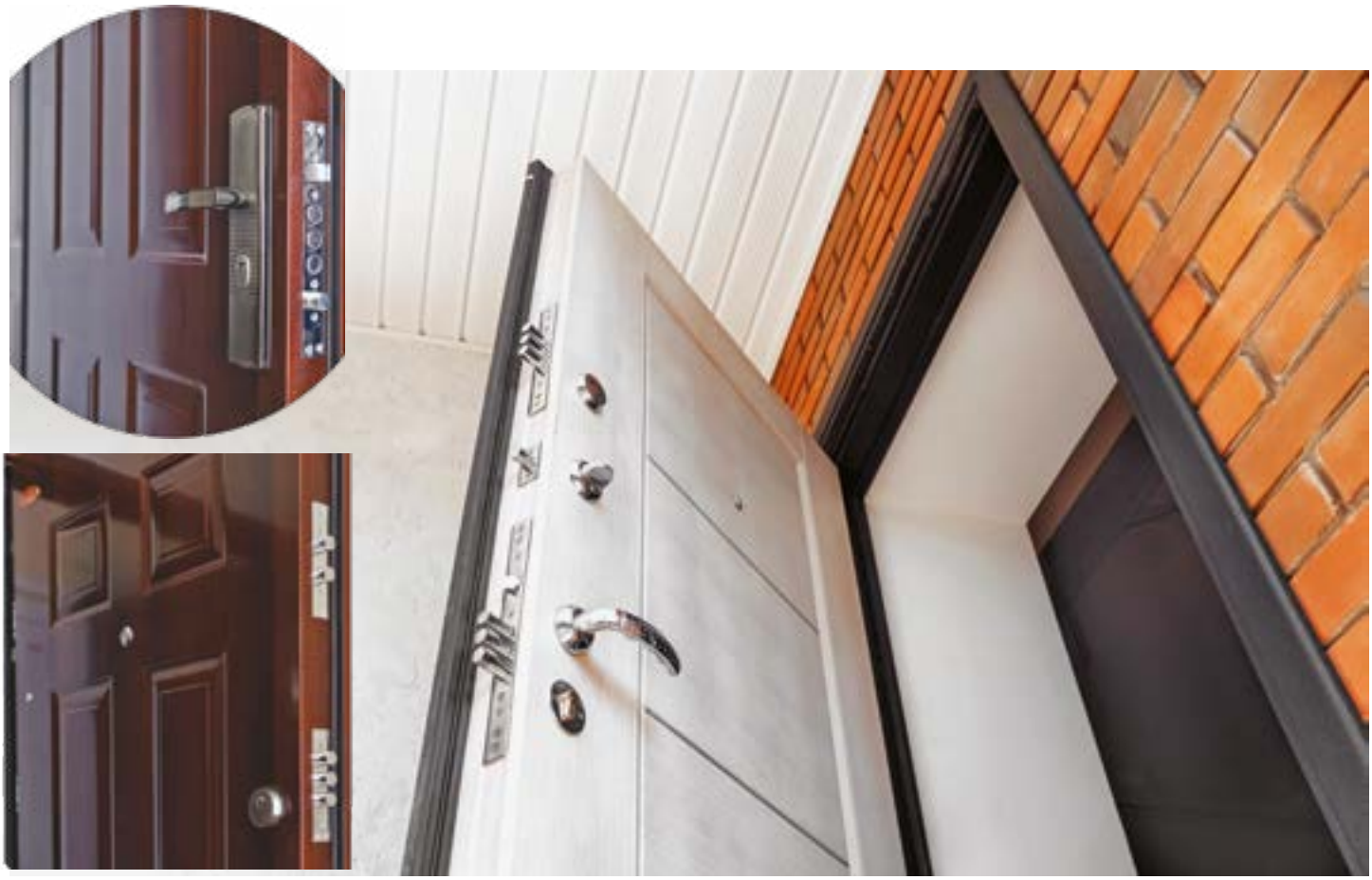
A robbantásos nyílászárónyitás (Explosive Breaching) ezért továbbra is a katonai és rendvédelmi különleges műveleti képességek egyik meghatározó eleme. A módszer alapvető előnye, hogy rendkívül rövid idő alatt képes megszüntetni (kiiktatni) a bejutást akadályozó szerkezeti elemeket. Ezen túlmenően lehetőséget biztosít a műveleti kezdeményezés fenntartására és a meglepetés elvének érvényesítésére. Alkalmazása ugyanakkor jelentős szakmai felkészültséget, robbantástechnikai szakismeretet és szigorú biztonsági követelmények betartását igényli.

A korszerű robbantástechnikai szemlélet egyik legfontosabb felismerése, hogy a robbantásos nyitás hatékonyságát nem kizárólag a felhasznált robbanóanyag mennyisége határozza meg. A robbanás során felszabaduló energia hasznosulását döntően befolyásolja annak térbeli koncentrációja, az energiaátadás módja, valamint a célszerkezet és a robbanóanyag közötti kölcsönhatás mechanizmusa. A hagyományos megközelítés, amely a kívánt hatás elérését a robbanóanyag tömegének növelésével kívánja biztosítani, egyre kevésbé tekinthető fenntartható megoldásnak a sűrűn beépített környezetben végrehajtott műveletek során. A nagyobb robbanóanyag-mennyiség ugyanis szükségszerűen együtt jár a lökéshullám, a repeszképződés, a zajterhelés és a kollaterális károkozás növekedésével.

A nemzetközi kutatások [4][5] és a műveleti tapasztalatok egyaránt arra mutatnak rá, hogy a fejlesztések jövőbeli iránya nem a rombolóerő fokozásában, hanem a robbanási energia hatékonyabb és kontrolláltabb hasznosításában keresendő. [6] Ez a megközelítés szorosan kapcsolódik a rendvédelmi és katonai alkalmazásokban egyaránt érvényesülő „szükséges és elégséges károkozás" elvéhez, amely szerint a beavatkozás során kizárólag a műveleti cél eléréséhez feltétlenül szükséges mértékű szerkezeti károsodás idézhető elő. [3] A robbantásos nyílászárónyitás célja ezért nem a célszerkezet teljes megsemmisítése, hanem a műveleti feladat végrehajtásához szükséges funkcionális nyitás elérése a lehető legkisebb járulékos károkozás mellett. [4] Egyes műveleti feladatoknál külön figyelmet érdemel az esetleg bent tartózkodó civilek (túszok) robbantás okozta sérülésektől történő megóvása is. Ennek megfelelően a korszerű fejlesztések középpontjában a robbanási energia hatékony és célzott felhasználása áll. [6]

Az úgynevezett feltörekvő és rendszerszintű átalakulást okozó technológiák (Emerging and Disruptive Technologies – EDT) esetében különös jelentőséggel bír az additív gyártástechnológia.[3] A 3D nyomtatás az elmúlt évtizedben a prototípusgyártás eszközéből olyan fejlett mérnöki technológiává vált, amely lehetővé teszi komplex geometriák, belső energiairányító csatornák, változó falvastagságú szerkezetek és funkcionálisan optimalizált komponensek gyors előállítását. Az additív gyártás sajátossága, hogy a tervező számára korábban nem létező geometriai szabadságot biztosít, ezáltal új lehetőségeket teremt a robbanási energia térbeli eloszlásának befolyásolására. [7][8][9]

[3] Az additív gyártástechnológia (Additive Manufacturing – AM) olyan gyártási eljárások összefoglaló neve, amelyek során az alkatrész vagy termék rétegről rétegre épül fel digitális modell alapján, szemben a hagyományos forgácsoló vagy alakító technológiákkal, ahol az anyagot eltávolítják vagy deformálják.



4. ÁBRA. **Modern biztonsági acél RC3 osztályú bejárati ajtók** (Forrás: Shutterstock; [13])

Kutatásunkban ezen technológiai lehetőségekre építve egy FDM gyártástechnológiával[4] előállított Ajtó Robbantó Kazetta (ARK) fejlesztését és vizsgálatát mutatjuk be.

A kutatás alapvető célja a fentiekkel összhangban nem egy nagyobb rombolóerejű robbantóeszköz létrehozása volt, hanem annak vizsgálata, hogy a töltetház geometriájának optimalizálásával, a robbanási energia célzott irányításával, [5] valamint energiaelnyelő közegek alkalmazásával miként növelhető [10][11] a robbantásos nyílászárónyitás hatékonysága, miközben csökkenthető a felhasznált robbanóanyag mennyisége és mérsékelhetők a másodlagos káros hatások.

A tanulmány a teljes fejlesztési folyamatot ismerteti a műveleti követelmények meghatározásától kezdve a digitális tervezésen, az additív gyártással megvalósított prototípus-előállításon, a robbantástechnikai kísérleteken és a funkcionális validáción keresztül egészen az eredmények értékeléséig. A kutatás célja nem csupán egy innovatív robbantástechnikai eszköz bemutatása, hanem annak igazolása is, hogy az additív gyártástechnológia a jövőben meghatározó szerepet tölthet be a katonai és rendvédelmi robbantástechnikai rendszerek fejlesztésében. [12]

A nemzetközi szakirodalomban számos lineáris és lokális robbantótöltet ismert (többek között a nyílászáró szerkezetek robbantására is), azonban kevés olyan kutatás található, amely az additív gyártástechnológia által lehetővé tett geometriai optimalizálást alkalmazza a kontrollált energiaátadás növelésére. Kutatásunk ezt a hiányt kívánja pótolni.

MŰVELETI KÖVETELMÉNYEK ÉS TECHNIKAI KORLÁTOK

A modern katonai és rendvédelmi műveletek során a zárt objektumokba történő gyors és biztonságos bejutás képessége alapvető műveleti követelménnyé vált. A terrorelhárítási műveletek, túszmentések, fegyveres elfogások, valamint a különleges műveleti erők által végrehajtott célobjektum-elfoglalások során a siker gyakran azon múlik, hogy a végrehajtó állomány milyen gyorsan képes megszüntetni a nyílászárók által jelentett fizikai akadályt. A rendelkezésre álló idő számos esetben másodpercekben mérhető, ezért a behatolási módszer megválasztása nem csupán technikai, hanem közvetlenül taktikai és életvédelmi kérdéssé válik.

A nyílászárók az épített környezet legkritikusabb védelmi elemei közé tartoznak, mivel egyrészt biztosítják az épületek rendeltetésszerű használatát, másrészt a fizikai védelem első vonalát alkotják. A biztonságtechnikai fejlesztések következtében a korszerű ajtók és egyéb nyílászárók ellenálló képessége jelentősen megnövekedett. Az EN 1627 szabvány szerinti magas ellenállási osztályú (RC3–RC6) szerkezetek, valamint a MABISZ minősítésű[5]

[4] Az FDM, vagyis az olvasztott szálhúzásos rétegépítés, az additív gyártástechnológia egyik legelterjedtebb eljárása. A módszer során egy hőre lágyuló műanyag szálat (filamentet) egy fűtött extruder megolvaszt, majd a számítógépes modell alapján rétegről rétegre felépíti a kívánt alkatrészt.

[5] A MABISZ (Magyar Biztosítók Szövetsége) a biztosítók által elfogadott mechanikai és elektronikai védelmi eszközök ajánlási rendszerét működteti. A MABISZ nem maga gyárt vagy tanúsít ajtókat, hanem a bevizsgált termékeket biztonságtechnikai kategóriákba sorolja és ajánlást ad azok alkalmazhatóságára. A rendszer célja eredetileg a biztosítási kockázatok csökkentése volt, de mára a biztonságtechnikai szakma egyik legfontosabb referenciarendszerévé vált.



5. ÁBRA. **Az ARK nyílászárón történő elhelyezése** (Videófevétel: Kugyela Lóránd)

biztonsági ajtók fokozott mechanikai ellenállása a jogszerű katonai és rendvédelmi beavatkozások során is nagyfokú kihívást jelent.

A kutatás során alkalmazott nyílászárók kiválasztásánál meghatározó szempont volt, hogy azok a hazai gyakorlatban széles körben elterjedt, MABISZ-ajánlással rendelkező biztonsági ajtók szerkezeti kialakítását reprezentálják. A MABISZ minősítési rendszer a mechanikai védelem objektív értékelésére szolgál és szoros kapcsolatban áll az EN 1627 szabvány szerinti RC ellenállási osztályokkal. A többirányú reteszelés, az acélmerevített tokszerkezet, valamint a kiemelés elleni védelem következtében e nyílászárók jelentős mechanikai ellenállást tanúsítanak, [14] amely a robbantásos nyitás során különösen fontossá teszi az energia célzott koncentrálását. Ennek megfelelően a kutatás nem az ajtószerkezet teljes megsemmisítésére, hanem a funkcionális nyitást biztosító kritikus szerkezeti elemek lokális gyengítésére irányult.

A nyílászárók ellen alkalmazható mechanikai behatolási módszerek fejlődése az elmúlt évtizedekben jelentős volt. Napjainkban hidraulikus feszítőberendezések, pneumatikus emelőrendszerek, akkumulátoros vágóeszközök és speciális kéziszerszámok széles választéka áll rendelkezésre. Ezek az eszközök számos helyzetben megfelelő megoldást biztosítanak, azonban alkalmazhatóságukat jelentősen korlátozza a nyílászárók szerkezeti ellenállása, a hozzáférési viszonyok, valamint a végrehajtás időigénye. Különösen problémát jelent ez olyan műveletek esetében, ahol a késlekedés közvetlenül veszélyezteti a végrehajtó állomány vagy a védendő személyek biztonságát.

A műveleti tapasztalatok azt mutatják, hogy bizonyos helyzetekben a robbantásos nyílászárónyitás továbbra is az egyetlen olyan módszer, amely képes biztosítani a szükséges gyorsaságot és megbízhatóságot. A robbantásos nyitás előnye, hogy rendkívül rövid idő alatt képes megszüntetni a bejutást akadályozó szerkezeti elemek ellenállását, ugyanakkor alkalmazása számos szakmai és biztonsági kihívást vet fel. [15]

A hagyományosan alkalmazott robbantótöltetek egyik alapvető problémája, hogy a robbanás során felszabaduló energia jelentős része nem a kívánt szerkezeti elem károsítására fordítódik. [15] A robbanási energia egy része a környezet irányába terjed, amely fokozott lökéshullám-terhelést, zajhatást, repeszképződést és másodlagos szerkezeti károkat eredményezhet. A nem célzott energiafelszabadulás következtében a funkcionális nyitás eléréséhez gyakran a szükségesnél nagyobb robbanóanyag-mennyiséget alkalmaznak, ami tovább növeli a járulékos károk kialakulásának valószínűségét.

A problémát tovább súlyosbítja, hogy a korszerű biztonsági ajtók esetében a teljes szerkezet megsemmisítése energetikai szempontból rendkívül kedvezőtlen megoldás. Szerkezetmechanikai nézőpontból a funkcionális nyitás rendszerint nem az ajtólap teljes roncsolását, hanem a zárkörnyezet, a reteszelési pontok vagy a tok-ajtó kapcsolat lokális gyengítését igényli. A robbanási energia hatékony felhasználásának kulcsa ezért nem a rombolóerő növelése, hanem annak koncentrált és irányított alkalmazása. Ennek megfelelően a robbantás során kizárólag a műveleti cél eléréséhez szükséges mértékű károsodás idézhető elő, miközben minimalizálni kell a környezetet érő hatásokat.

A robbanóanyag-mennyiség növelésére épülő hagyományos fejlesztési szemlélet ezért napjainkra elérte alkalmazhatóságának határait. A biztonsági távolságot meghatározó összefüggések alapján a robbanóanyag nettó tömegének növekedése a veszélyeztetett zóna méretét is növeli. Ez különösen kedvezőtlen a sűrűn beépített városi környezetben végrehajtott műveletek esetében, ahol a rendelkezésre álló tér korlátozott, a civil jelenlét pedig gyakran elkerülhetetlen.

Mindezek alapján egyértelműen megfogalmazható a kutatás alapját képező műszaki probléma, vagyis „miként növelhető a robbantásos nyílászárónyitás hatékonysága anélkül, hogy a felhasznált robbanóanyag mennyiségét növelni kellene?" Másképpen fogalmazva, lehetséges-e olyan robbantóeszköz kialakítása, amely a rendelkezésre álló energiát nagyobb hatékonysággal képes a kívánt szerkezeti elemre koncentrálni, ezáltal csökkentve a szükséges robbanóanyag-mennyiséget és mérsékelve a másodlagos káros hatásokat?

A kutatás kiinduló hipotézise, hogy az additív gyártástechnológiával kialakított, optimalizált geometriájú töltetház [9] a robbanási energia hatékonyabb célba juttatásával növeli a funkcionális nyitás valószínűségét azonos robbanóanyag-mennyiség mellett. Feltételezésünk szerint az additív gyártás által biztosított geometriai szabadság lehetővé teszi olyan töltetházrendszerek kialakítását, amelyek nem csupán a robbanóanyag befogadására szolgálnak, hanem aktívan hozzájárulnak a robbanási energia irányításához és hasznosításához. E hipotézis vizsgálata vezetett az Ajtó Robbantó Kazetta (ARK) fejlesztéséhez, amelynek célja egy moduláris, optimalizálható, kontrollált energiaátadásra képes robbantástechnikai rendszer létrehozása volt.

NEMZETKÖZI KUTATÁSI ÉS ALKALMAZÁSI TAPASZTALATOK

A robbantásos nyílászárónyitás a NATO-tagállamok és más fejlett katonai, valamint rendvédelmi szervezetek különleges műveleti képességeinek régóta alkalmazott eleme. A nemzetközi gyakorlatban a lineáris töltetek, kerettöltetek (frame charge), vízközvetítő közeget alkalmazó impulzustöltetek, valamint különböző lokális robbantóeszközök egyaránt elterjedtek. A fejlesztések közös célja nem a rombolóhatás növelése, hanem a robbanási energia minél hatékonyabb célba juttatása, a funkcionális nyitás

megbízhatóságának növelése és a járulékos károk csökkentése. A szakirodalom kiemeli, hogy a korszerű robbantásos nyitási eljárások eredményességét egyre inkább a töltet geometriai kialakítása, a célszerkezethez való illeszkedése és az energiaátadás hatásfoka határozza meg, nem pedig kizárólag a felhasznált robbanóanyag mennyisége. [4][5][6]

Az elmúlt években az additív gyártástechnológia katonai alkalmazásainak gyors fejlődése új lehetőségeket teremtett a robbantástechnikai eszközök fejlesztésében is. A nemzetközi kutatások elsősorban a gyors prototípus-előállítás, az egyedi geometriai kialakítások és a műveleti környezethez igazítható szerkezeti megoldások előnyeit hangsúlyozzák. Ugyanakkor a nyílt szakirodalomban korlátozott számban találhatók olyan kutatások, amelyek kifejezetten a robbantásos nyílászárónyitás céljára fejlesztett, additív gyártással előállított töltetházak energiaátadási tulajdonságait vizsgálják. Kutatásunk ehhez a területhez kíván hozzájárulni az Ajtó Robbantó Kazetta (ARK) fejlesztésével és gyakorlati validációjával. [7][8][12]

BIZTONSÁGTECHNIKAI HÁTTÉR

Az elmúlt évtizedekben a biztonságtechnikai követelmények jelentős fejlődésen mentek keresztül. A növekvő vagyonvédelmi igények, a kritikus infrastruktúrák védelmével kapcsolatos elvárások, valamint a terrorfenyegetettség erősödése következtében a korszerű nyílászárók már nem csupán egyszerű épületszerkezeti elemekként értelmezhetők, hanem összetett védelmi rendszerek részeként. Ennek eredményeként a mai biztonsági ajtók és speciális nyílászárók szerkezeti kialakítása jelentősen eltér a hagyományos lakossági ajtókétól.

A mechanikai védelem elsődleges célja a jogosulatlan behatolás késleltetése vagy megakadályozása. E cél elérése érdekében a korszerű biztonsági ajtók többirányú reteszelőrendszerekkel, acélmerevített ajtólappal, megerősített tokszerkezettel, kiemelésgátló elemekkel és speciális zárbetétekkel készülnek. A többpontos záródás következtében az ajtólap nem csupán a zár környezetében kapcsolódik a tokszerkezethez, hanem annak teljes magasságában és szélességében. Ez jelentősen növeli a szerkezet ellenálló képességét mind a mechanikai feszítőhatásokkal, mind a dinamikus terhelésekkel szemben.

Magyarországon a biztonságtechnikai termékek értékelésében kiemelt szerepet játszik a MABISZ minősítési rendszere is. A MABISZ-ajánlással rendelkező biztonsági ajtók olyan szerkezeti követelményeknek felelnek meg, amelyek biztosítják a fokozott mechanikai ellenállást. A magasabb kategóriájú ajtók esetében általánosnak tekinthető a többirányú reteszelés, az acélmerevített ajtólap, a megerősített tokszerkezet és a kiemelés elleni védelem alkalmazása. E szerkezetek tömege gyakran eléri vagy meghaladja a 100–150 kilogrammot, amely önmagában is jelentős mechanikai stabilitást eredményez. [14]

A katonai, rendvédelmi és kritikus infrastruktúra-védelmi alkalmazásokban ennél is magasabb követelmények jelennek meg. [16] Az ilyen létesítményekben alkalmazott nyílászárók gyakran robbanás- és repeszálló, valamint tűzgátló tulajdonságokkal rendelkeznek, továbbá képesek biztosítani a vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris (CBRN[6]) szennyező anyagokkal szembeni gáztömör elhatárolást. A robbanásbiztos ajtók kialakításánál nem csupán a mechanikai szilárdság, hanem a lökéshullámokkal és dinamikus impulzusterhelésekkel szembeni ellenállás is alapvető követelmény. A többrétegű acél- és kompozitszerkezetek, az energiaelnyelő pántrendszerek [17], valamint a speciális tömítések lehetővé teszik, hogy ezek a nyílászárók extrém igénybevételek mellett is megőrizzék funkcionális integritásukat.



6. ÁBRA. **Teljes szerkezeti megsemmisítés (bal felső kép) és funkcionális nyitás** (A szerzők felvétele)

[6] Chemical, Biological, Radiological, Nuclear.

A korszerű biztonsági nyílászárók fejlődése ugyanakkor jelentős kihívást jelent a katonai és rendvédelmi behatolási műveletek számára. [16] Az egyre nagyobb ellenálló képesség következtében a hagyományos mechanikai nyitási módszerek alkalmazási ideje növekszik, ami időkritikus helyzetekben elfogadhatatlan kockázatot jelenthet. A többpontos reteszelések, a masszív acélszerkezetek és a komplex zármechanizmusok miatt a nyílászárók funkcionális megnyitása egyre nagyobb energiaigényt követel.

Fontos ugyanakkor hangsúlyozni, hogy a funkcionális nyitás nem azonos a teljes szerkezeti megsemmisítéssel.

A biztonsági ajtók működési sajátosságainak elemzése azt mutatja, hogy a szerkezet stabilitása nagymértékben függ bizonyos kritikus elemek – elsősorban a zártestek, reteszelési pontok és a tok-ajtó kapcsolatok – épségétől. Amennyiben ezek lokálisan károsodnak, az ajtó funkcionálisan megnyithatóvá válik anélkül, hogy az egész szerkezet teljes roncsolása szükségessé válna.

A ROBBANTÁSOS NYÍLÁSZÁRÓNYITÁS ELMÉLETI ALAPJAI

A robbantásos nyílászárónyitás egy speciális behatolási módszer, amelynek célja a nyílászárók gyors, kontrollált és műveletileg hatékony megnyitása. A metódus alapvető előnye, hogy a mechanikai vagy hidraulikus eljárásokhoz képest rendkívül rövid idő alatt képes megszüntetni a fizikai akadályt, ezáltal lehetővé téve a meglepetés elvének érvényesítését és a kezdeményezés fenntartását. A robbantásos nyitás ugyanakkor nem egyszerű rombolási folyamat, hanem olyan összetett mérnöki feladat, amelyben a robbanásfizika, a szerkezetmechanika, az anyagtudomány és a műveleti követelmények egyaránt meghatározó szerepet játszanak.

A modern robbantásos nyitási módszerek alapelve, hogy a funkcionális nyitás a kritikus záróelemek célzott károsításával is elérhető. Ilyen elemek lehetnek a zártestek, a reteszelési pontok, a pántkörnyezet, valamint a tok és az ajtólap kapcsolódási zónái. A megfelelően megválasztott robbantótöltet ezért nem a teljes szerkezet ellen fejti ki hatását, hanem lokálisan koncentrált energiával idézi elő a funkcionális meghibásodást. [18]

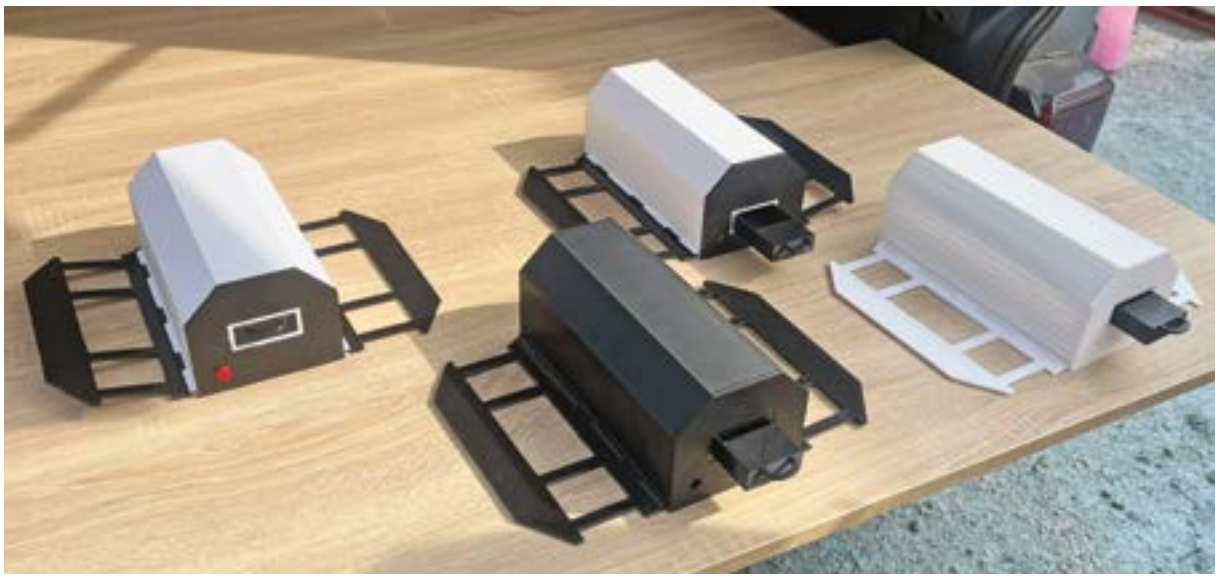
A robbanás során felszabaduló energia több egymással összefüggő fizikai folyamat formájában jelenik meg. A robbanóanyag detonációját követően rendkívül rövid idő alatt nagy nyomású és magas hőmérsékletű gázok keletkeznek, amelyek a környezetben dinamikus terhelést hoznak létre. A robbantásos nyílászárónyitás szempontjából három alapvető hatásmechanizmus bír kiemelt jelentőséggel:

- a detonáció következtében kialakuló robbanási nyomáshullám terhelése;
- a robbanási gázok térfogat-növekedéséből származó nyomóhatás;
- valamint az esetlegesen kialakuló másodlagos repeszhatás[7] [19]

A robbanási nyomáshullám a robbanási folyamat elsődleges hatása. A robbanóanyag által létrehozott rendkívül gyors nyomásnövekedés rövid idő alatt jelentős mechanikai impulzust közöl a célszerkezettel. Biztonsági ajtók esetében ez a dinamikus terhelés elsősorban a zárszerkezetek, reteszelőelemek és kapcsolódási pontok lokális túlterhelését idézi elő. A szerkezet teherbírásának határértékét meghaladó impulzus deformációt, törést vagy kiszakadást okozhat, amely a nyílászáró funkcionális megnyitását eredményezi. [20]

A második jelentős hatás a robbanási gázok munkavégző képességéből származik. A detonáció során keletkező gázok térfogata a kiindulási robbanóanyag térfogatának többszázszorosára növekszik és a zárt vagy részben zárt térben jelentős nyomást fejt ki a környező szerkezetekre. [21] A nyílászárók esetében ez a hatás hozzájárulhat a szerkezeti elemek elmozdításához, illetve a már meggyengített kapcsolatok szétszakításához.

A robbantásos nyitások során ugyanakkor a nem kívánt energiahatások jelentik az egyik legfontosabb problémát.



7. ÁBRA. **Módosított töltetház: megnövelt hézagokkal, kihúzófüllel, töltetház fedél nélkül** (A szerzők felvétele)

[7] A másodlagos repeszek a robbanás következtében a környezetből leváló, szabálytalan alakú és előre nem meghatározható méretű, illetve tömegű törmelékdarabok.

A robbanási energia csak részben hasznosul a célzott szerkezeti elem károsítására. A felszabaduló energia jelentős része lökéshullám, zaj, hőhatás vagy repeszképződés formájában a környezetet terheli. [22] Ez különösen problémás beépített környezetben, ahol a környező infrastruktúra, a civil személyek vagy akár a végrehajtó állomány biztonsága is veszélybe kerülhet.

A korszerű robbantástechnikai fejlesztések ezért egyre inkább a kontrollált energiaátadás elvére épülnek. Ennek lényege, hogy a rendelkezésre álló robbanási energiát a lehető legnagyobb arányban a kívánt szerkezeti elemre kell koncentrálni, miközben minimalizálni kell az energia nem kívánt irányokba történő terjedését. A kontrollált energiaátadás három alapvető tényezőn alapul:

- Geometriai fókuszálás: a robbanási energia térbeli irányítása a károsítani kívánt szerkezeti elem felé. [23]
- Impedanciaillesztés: a robbanási energia és a célszerkezet anyagtulajdonságai közötti kölcsönhatás optimalizálása. [19]
- Energiaelnyelés és -csillapítás: a másodlagos káros hatások csökkentése különböző energiaelnyelő közegek vagy szerkezeti megoldások alkalmazásával. [11][24]

A korszerű katonai és rendvédelmi alkalmazásokban a hangsúly tehát egyre inkább a célzott energiaátadáson és a funkcionális nyitás elérésén van. [3] Az Ajtó Robbantó Kazetta (ARK) fejlesztése ezt a szemléletet követi. A rendszer kialakításának célja olyan töltetház létrehozása volt, amely a robbanási energia kedvezőbb hasznosulását segíti elő. Az additív gyártástechnológia alkalmazása lehetővé tette olyan belső geometriai kialakítások megvalósítását, amelyek a robbanási energia térbeli eloszlását befolyásolva hozzájárulhatnak a hatékonyabb energiaátadáshoz. [11][25]

A továbbiakban ennek a tervezési filozófiának, valamint a 3D nyomtatással létrehozott rendszer fejlesztési és kísérleti validációs folyamatának részletes bemutatására kerül sor. ■

(Folytatjuk)

HIVATKOZÁSOK

[1] King, Anthony: Urban Warfare in the Twenty-First Century. Polity Press, 2021, 270.

[2] FM 90-10. Military Operations On Urban Terrain (MOUT). Headquarters, Department of Army Washington DC, 1979.08.15., 198. https://archive.org/details/fm-90-10-military-operations-on-urban-terrain-mout/mode/2up? (Letöltve: 2026.05.22.)

[3] ATP 3-06.11 (FM 90-10-1) Combined Arms Operations in Urban Terrain. Headquarters, Department of Army Washington DC, 2002.02.28., 644. https://www.bits.de/NRANEU/others/amd-us-archive/fm3-06.11%2802%29.pdf (Letöltve: 2026.06.11.)

[4] Remennikov, Alex et al.: Explosive Breaching of Walls with Contact Charges: Theory and Applications. International Journal of Protective Structures, 2015/4, 629–647. DOI: https://doi.org/10.1260/2041-4196.6.4.629

[5] Cooper, Paul W.: Explosives Engineering. Wiley-Vch, Weinheim, 1996, 480.

[6] Lukács László: Környezetkímélő katonai robbantások alkalmazása a Magyar Honvédségnél. Műszaki Katonai Közlöny, 2015/2, 22–83.

[7] Ember István: The Possible Impact of the Proliferation of 3D Printers on the Protection of Critical Infrastructure. Advanced Sciences and Technologies for Security Applications. 2025, 303–312. DOI: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-78544-3_24

[8] Ember István: 3D nyomtató alkalmazási lehetősége egyes speciális robbantási feladatoknál. In: Daruka Norbert (szerk.): Fúrás-Robbantástechnika Nemzetközi Szimpózium Különkiadás 2022. Budapest, Magyar Robbantástechnikai Egyesület, 75–83.

[9] Szalkai László: Additív gyártási technológiával előállított idomtöltetek alkalmazhatóságának kérdése a rendvédelmi, speciális feladatokat ellátó egységeknél. Műszaki Katonai Közlöny, 2025/3–4, 25–37.

[10] Langhorst, Benjamin et al.: Material Systems for Blast-Energy Dissipation. Albuquerque, Sandia National Laboratories. 2010, 9. https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc831886/m2/1/high_res_d/1009167.pdf (Letöltve: 2026.06.14.)

[11] Szalkai László: The Use of Aqueous Charges in the Blasting of Doors. In: Kovács Tünde Anna et al. (szerk.): Water as a Cardinal Area of Critical Infrastructure Protection. Proceedings of the 6th International Conference on Central European Critical Infrastructure Protection (ICCECIP 2024), Budapest, Cham, Springer Nature, 2026, 457–466.

[12] Kovács Zoltán: 3D nyomtatás és felhasználása a katonai robbantástechnika oktatásában. II. Fúrás- Robbantástechnika nemzetközi szimpózium különkiadás 2023. Budapest, 2023, 94–103, 172.

[13] Aranytölgy színű HiSec acél biztonsági bejárati ajtó. https://hisecajto.hu/termek/aranytolgy-szinu-hisec-acel-biztonsagi-bejarati-ajto/ (Letöltve: 2026.06.12.)

[14] Magyar Biztosítók Szövetsége (MABISZ): Termék-megfelelőségi ajánlásrendszer – Mechanikai védelmi eszközök. Budapest, MABISZ, aktuális kiadás. Online: https://mabisz.hu (Letöltve: 2026.06.12.)

[15] Szalkai László: A műszaki felszámolók támogatóképességei a terrorelhárításban. Műszaki Katonai Közlöny, 2024/1, 145–156.

[16] Szalkai László: Preventing Attacks on Key Installations or Recapturing Them by Forced Entry. In: Kovács Tünde Anna et al. (szerk.): Advanced Sciences and Technologies for Security Applications. Proceedings of the 5th International Conference on Central European Critical Infrastructure Protection (ICCECIP 2023), Budapest, Cham, Springer Nature, 2025, 649–660.

[17] Arora, H. et al.: Modelling the behaviour of composite sandwich structures when subject to air-blast loading. The International Journal of Multiphysics, 2012/3, 199–218. https://doi.org/10.1260/1750-9548.6.3.199

[18] Lupoae, Marin et al: Aspects regarding the Water Jet Propulsion using Explosive Energy for Door Breaching. Proceedings of the World Congress on Engineering 2011, WCE 2011. 3. 2138–2142.

[19] Szalkai László: Nyílászárók erőszakos nyitásának lehetőségei. II. Fúrás-Robbantástechnika nemzetközi szimpózium különkiadás 2023, 104–117.

[20] Jiang, Fei et al.: Experimental Study of Overpressure Caused by Counter-Terrorist Door Breaching Explosive. Transactions of Beijing institute of Technology, 2012/7, 665–668.

[21] Kamimori G.H. et al.: Occupational overpressure exposure of breachers and military personnel. Shock Waves 2017/27, 837–847. DOI: https://doi.org/10.1007/s00193-017-0738-4

[22] Hartman, W.F. et al.: Blast mitigation capabilities of aqueous foam. Albuquerque, Sandia National Laboratories, SAND2006-0533. 2006, 98. DOI: 10.2172/877732

[23] Ádám Balázs – Ember István: Kumulatív töltetházak 3D nyomtatása. Hadmérnök, 2022/3, 35–44. Online: https://doi.org/10.32567/hm.2022.3.2

[24] Petel, O. E. et al.: Blast wave attenuation through a composite of varying layer distribution. Shock Waves, 2011/3, 215–224. DOI: https://doi.org/10.1007/s00193-010-0295-6

[25] Daruka N. – Szalkai L.: 3D nyomtatással készült robbantó kazetta alkalmazhatóságának vizsgálata biztonsági ajtók rombolására. 17. Mérnöki Szimpózium a Bánkin (ESB 2025). 2026. https://esb.bgk.uni-obuda.hu/kiadvanyok/ (Letöltve: 2026.06.14.)

BIRÓ GABRIELLA* – NÉGYESI IMRE**

ADATVEZÉRELT HADVISELÉS: AZ UKRÁN HARCTÉRI TAPASZTALATOK SZEREPE A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA FEJLESZTÉSÉBEN



* Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz. ORCID: 0009-0004-5924-6694

** Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, egyetemi docens. ORCID: 0000-0003-1144-1912

DOI: 10.23713/HT.60.5.03

Összefoglalás: *Az ukrán védelmi minisztérium 2026. márciusi döntése, amelynek értelmében megosztja éles harctéri adatait a szövetséges partnereivel, mérföldkő az adatvezérelt hadviselés történetében. A cikk bemutatja, mi ennek a bejelentésnek a jelentősége, és hogyan válik az éles helyzetekben gyűjtött nyers adatvagyon stratégiai erőforrássá a mesterséges intelligencia (MI) tanítása során. A szerzők elemzik a szimulált és valós adatok eltéréseiből adódó probléma feloldását a „Combat-proven AI" koncepcióján keresztül, rávilágítva, hogy a valós harctéri adatok miért nélkülözhetetlenek a szimulációkkal szemben. A cikk részletezi az MI szerepét a döntéshozatali ciklus (OODA-hurok) felgyorsításában, miközben érinti az etikai és felelősségi keretrendszereket is.*

Kulcsszavak: *mesterséges intelligencia, MI, Ukrajna, helyzetismeret*

Abstract: *The Ukrainian Ministry of Defense's decision in March 2026 to share its real-time battlefield data with its allies marks a milestone in the history of data-driven warfare. This study demonstrates the significance of the Ministry's announcement and how raw data collected in live combat situations becomes a strategic resource during the training of artificial intelligence (AI). The authors analyse the resolution of the problem arising from discrepancies between simulated and real data through the concept of "Combat-proven AI", highlighting why real battlefield data is indispensable compared to simulations. The article details the role of AI in accelerating the decision-making cycle (OODA loop), while also addressing ethical and accountability frameworks.*

Keywords: *artificial intelligence, AI, Ukraine, situational awareness*



1. ÁBRA. A szimulált és a valós harctéri adatok közti különbségek („Sim-to-Real") szemléltető ábrája (Forrás: a szerzők szerkesztése Gemini 3 Flash Image mesterséges intelligencia használatával)

BEVEZETÉS: DIGITÁLIS TRANSZFORMÁCIÓ A LÖVÉSZÁROKBAN

A hadviselés történetében az információ mindig kulcsfontosságú volt, de ma már nem az információ hiánya, hanem annak bősége okozza a legnagyobb kihívást. A modern hadszíntér olyan adatmennyiséget generál, amelynek feldolgozásához az emberi elemzői kapacitás önmagában már nem elegendő. Ebben a környezetben vált alapvető fontosságúvá Mihajlo Fedorov ukrán védelmi miniszter 2026. március 12-ei bejelentése, mely szerint elérhetővé teszik az éles harctéri adataikat a szövetségeseik számára [1] Miután a korábban digitalizációs miniszteri posztot betöltő Fedorovot 2026 januárjában védelmi miniszterré nevezték ki, ígéretet tett az ukrán haderő adatvezérelt átalakítására, hogy technológiai fölényt biztosítson az orosz túlerővel szemben. [2] A márciusi bejelentés azért mérföldkő, mert ez az első olyan eset, amikor egy állam hivatalosan is felajánlja éles harctéri adatait a szövetséges algoritmusok tanítása és finomhangolása céljából. Jelen cikk arra fókuszál, hogyan válik ez a nyers adatvagyon stratégiai előnnyé az MI tanítása révén. Az adat ugyanis a modern hadviselésben már önmagában is stratégiai erőforrás, miközben a NATO MI-stratégiája az egyik fő kihívásként értékeli a megfelelő minőségű adatok elérhetőségét. [3] (A mesterséges intelligenciáról és a gépi tanulásról részletesen ír Russell és Norvik monográfiája.) [4][5]

Az MI-transzformáció, a mesterséges intelligencia folyamatokba történő integrálásának egyik kulcseleme a szenzoradatok feldolgozása és az érzékelés MI-alapú javítása. Ez történhet szűk funkcionalitással (narrow AI), ahol csak egy-egy konkrét szenzor adatminőségének javítása a cél, de ezen a téren is egyre inkább fókuszba kerülnek a többes felhasználású és generatív MI-modellek. A mesterséges intelligenciának – többek között drónfelvételek ezrei alapján – meg kell tanulnia automatikusan felismerni az orosz haditechnikát és különbséget tenni egy álcázott harckocsi vagy egy mezőgazdasági vontató között, még extrém fényviszonyok vagy aktív zavarás mellett is. E folyamat központi fogalma a szenzorfúzió (sensor fusion): az MI képes a különféle forrásokból – hőkamerákból, radarokból, rádiójelekből vagy akár akusztikus mikrofonhálózatokból – származó adatokat egyetlen megbízható információvá egyesíteni. Utóbbi például lehetővé teszi a bejövő cirkálórakéták vagy öngyilkos drónok típusának azonosítását pusztán a hangjuk alapján. Ez a képesség különösen nagy jelentőségre tett szert, miután az oroszok által Ukrajna ellen nagy tömegben bevetett Shahed drónokat Irán a Perzsa-öböl menti államok, valamint amerikai és izraeli célpontok ellen irányította. [6]

Az ukrán adatok közt kiemelten értékesek az elektronikai hadviselés (electronic warfare – EW) tapasztalatai. Az orosz zavaróállomások jeleinek rögzítése és elemzése olyan algoritmusok fejlesztését teszi lehetővé, amelyek képesek kompenzálni a zavarás hatását, automatikus frekvenciaváltással biztosítani a kommunikáció folytonosságát, vagy akár felismerni az EH-eszközök egyedi elektronikai jellemzőit is, ami automatikus célmegjelölést tehet lehetővé. [7] Ezeket a fejlesztéseket pedig az ukrán hadsereg élesben teszteli, és tényleges tapasztalatokkal rendelkezik a hatékonyságukról, erősségeikről és gyengeségeikről.

Az ukrán hadiipar átalakulása és a globális technológiai szektor bevonása az elmúlt évek technológiai evolúciójának eredménye. A digitalizáció kényszere mögött nyers statisztikák állnak: egyes elemzések szerint a veszteségek 70–80%-át már drónok okozzák, ahol az MI-alapú célzás



2. ÁBRA. **A harctéri adat útja az ukrán Delta ökoszisztémában** (Forrás: a szerzők szerkesztése Gemini 3 Flash Image mesterséges intelligencia használatával)

radikálisan növeli a pontosságot. [8] Ez a fejlődés nemcsak technikai, hanem politikai kérdés is: Ukrajna célja, hogy a harctéri tapasztalatokat és adatokat felhasználva egyfajta MI tudásközpontot, saját szóhasználatukkal élve „AI training hub"-ot alakítson ki. [9] Fedorov szerint Ukrajna ezzel biztosíthatja saját védelmét és egyúttal új, értékes tudást és technológiát ajánlhat szövetségeseinek. [10]

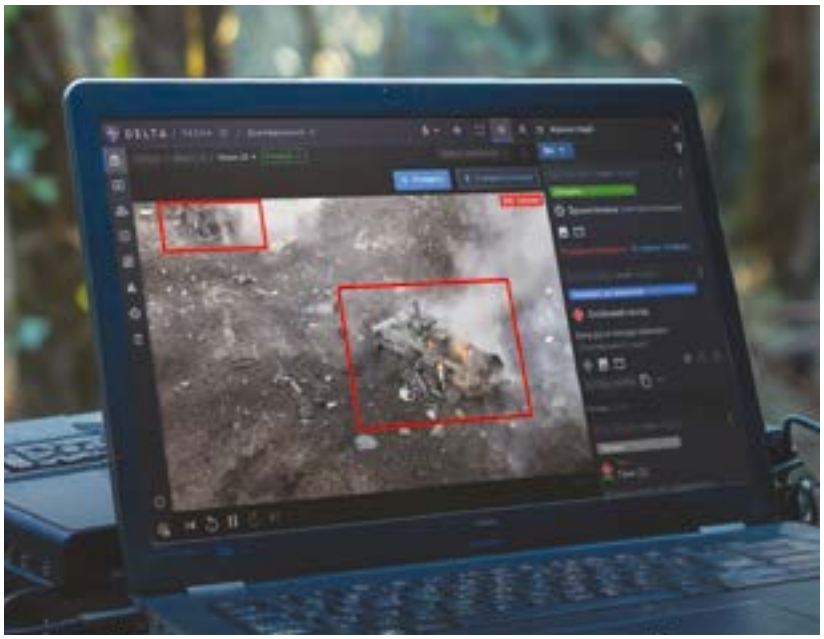
AZ OKTATÓADAT MINT STRATÉGIAI ERŐFORRÁS

Az ukrán harctéri adatvagyon felhasználási lehetőségei mára alapjaiban határozzák meg a nagy technológiai vállalatok – mint például a Palantir [11] – és a NATO-tagállamok védelmi fejlesztéseit. A folyamat alapja a már említett szenzorfúzió és az adatok validációja. Az ukrán Delta rendszer képes a legkülönfélébb forrásokból – műholdképekből, drónfelvételekből, rádiófrekvenciás jelekből és a korábban vizsgált lakossági bejelentésekből – származó aszimmetrikus információkat integrálni. [7] Ez a közös műveleti kép (Common Operational Picture – COP) nemcsak a valós idejű megjelenítést szolgálja, hanem a gépi tanulás alapjául szolgáló, tisztított és címkézett adathalmazt is biztosítja. A gépi tanulás és a távérzékelés együttes használata kritikus a képi felderítési műveletek támogatásában, ahol az algoritmusok hatékonysága az adatok minőségétől függ. [12]

Itt szembesülünk a fejlesztés egyik legnagyobb kihívásával, a „Sim-to-Real" („a szimulációtól a valós használatig") problémával. Az MI-modellek laboratóriumi körülmények között, steril szimulációkban gyakran kiválóan teljesítenek, azonban a valódi harctéri környezetben – a sár, a füst és a szándékos megtévesztés miatt – gyakran elvéreznek. Az ukrán adatok a valóságot, az MI-fejlesztések terminológiájában a „ground truth"-t (a harctéri valóságot) viszik bele a gépi tanulásba. Egy algoritmus csak akkor válik valóban képessé egy álcázott harckocsi és egy mezőgazdasági vontató megkülönböztetésére extrém körülmények között, ha már rendelkezik tanulóadatokkal a valós orosz álcázási technikákról és az elektronikai hadviselés által okozott jelzavarásokról. (1. ábra)

Ebből a harctéri tapasztalatból születik meg a „Combat-proven AI" („harctéren bizonyított MI") koncepciója. Az algoritmusok értéke abban rejlik, hogy éles helyzetben is bizonyították hatékonyságukat. Ez a minősítés mára komoly piaci tényezővé vált: a „Tested in Ukraine" („Ukrajnában kipróbált") jelző a haditechnikai expók – például a 2024-es Eurosatory – egyik legfontosabb hívószava lett. [13]

A nyers adatokból döntéstámogató modellt előállító folyamat végső célja a döntéshozatali ciklus (OODA-hurok[1]) radikális felgyorsítása. A gyorsabb és megalapozottabb döntések ugyanis egyértelmű előnyt jelentenek a harctéren, és ezen előny érdekében a technológia alkalmazói esetleg megkérdőjelezhető kompromisszumokat is hajlandóak kötni. Például a Gázában bevetett izraeli Lavender rendszer a sajtónak nyilatkozó források szerint rövid időn belül 37 000 célpontot azonosított, a célpontok emberi ellenőrzésére fordított idő pedig átlagosan 20 másodperc. [14] Ez a sebesség hozzávetőleg 10 százalékos hibaarányt eredményez, viszont súlyos etikai kérdéseket vet fel.



3. ÁBRA. **A Vezha videóelemző platform valós idejű drónfelvételeket közvetít a DELTA rendszerben** [24]

Az ukrán rendszerek John Boyd klasszikus elméletét valósítják meg a digitális korszakban. Boyd szerint a győzelem kulcsa az ellenségnél gyorsabb döntési ciklus fenntartása, ugyanakkor a sebesség nem az egyetlen tényező. [15] A hagyományos hadviselésben az információ áramlása gyakran megakad a hierarchikus parancsnoki láncban. Ezzel szemben az MI-vel támogatott hálózatközpontú architektúra – mint amilyet az ukrán Delta is képvisel – lehetővé teszi az elosztott és azonnali információmegosztást (lásd a 2. ábrát). Ez az MI-alapú vezetési-irányítási (C2) architektúra nemcsak a gyorsaságot növeli, hanem a parancsnokok helyzettudatosságát is kiterjeszti a prediktív analízis irányába. [16]

Az MI képes arra, hogy a hatalmas mennyiségű aszimmetrikus adatot azonnal értelmezhető és priorizált információvá alakítsa. A prediktív analízis során az MI már nemcsak a jelenlegi helyzetet jeleníti meg, hanem képes az aszimmetrikus adatokból az ellenség jövőbeli mozgásmintázatait is valószínűsíteni. Az adatok visszacsatolása is sokkal gyorsabb és szemléletesebb a modern technikának köszönhetően (lásd a 4. ábrát, melyen a ciklusidő összehasonlítása csak szemléltető jellegű). Gallagher és Oughton [17] elemzése szerint az MI által támogatott objektumdetektálás és predikció alapjaiban formálja át a több tartományú hadszínteret, ahol a másodpercek alatt meghozott döntések stratégiai fölénnyé állnak össze.

Érdemes megjegyezni, hogy az orosz fél is kísérletezik hasonló megoldásokkal, mint például a Glaz/Groza parancsnoki és irányítási rendszer, amely a tüzérségi és felderítőegységek közötti interakciót hivatott gyorsítani. [18] Ebben a technológiai versenyfutásban Ukrajna válasza a folyamatos innováció. A védelmi minisztérium nemrégiben indította el az első MI kiválósági központot („A1" Defense AI Center), amelynek feladata az algoritmusok még mélyebb integrálása a harctéri folyamatokba és a technológiai ciklus lerövidítése. [19]

[1] Az OODA jelentése: „observe, orient, decide, act"; magyarul „megfigyelni, tájékozódni, dönteni, cselekedni".



4. ÁBRA. **A hagyományos és a mesterséges intelligenciával támogatott OODA-ciklus összehasonlító ábrája. A ciklusidő összehasonlítása csak szemléltető jellegű, nem egzakt mérésen alapul** (Forrás: a szerzők szerkesztése Gemini 3 Flash Image mesterséges intelligencia használatával)

ETIKAI MEGFONTOLÁSOK ÉS FELELŐSSÉGTELJES MI

A harctéri adatok tömeges felhasználása és az algoritmusok döntéstámogató szerepe elkerülhetetlenül felveti a felelősség és az etika kérdését. Az MI egyre mélyebben integrálódik a katonai folyamatokba, ezzel párhuzamosan pedig egyre kritikusabbá válik egy olyan keretrendszer, amely biztosítja a technológia méltányos és számonkérhető felhasználását. Ukrajna ezen a téren is úttörő szerepet vállal, hiszen az éles bevetések során kell egyensúlyt találnia a technológiai hatékonyság és a morális kötelezettségek között.

A nemzetközi közösség már megkezdte az MI felhasználási kereteinek rögzítését. A NATO 2024-ben felülvizsgált MI-stratégiája [3] és az Egyesült Államok által kezdeményezett, a felelősségteljes katonai MI-használatról szóló politikai nyilatkozat [20] egyaránt a nemzetközi joggal összhangban lévő, átlátható alkalmazást sürgeti. E dokumentumok alapvetése, hogy a végső döntésnek mindig az emberek kezében kell lennie. Az átláthatatlan, megmagyarázhatatlan eredményekre jutó algoritmusok kockázata emberéletekben mérhető.

A gyakorlati dilemmák középpontjában a „Human-in-the-loop" („ember a folyamatban") elve áll. Ez azt jelenti, hogy bármennyire is fejlett egy algoritmus a célpontok azonosításában vagy a fenyegetések rangsorolásában, a végső, halálos erő alkalmazására vonatkozó döntést minden esetben egy felelős parancsnoknak kell meghoznia. A parancsnoki felelősség nem delegálható – ez az egyik legfontosabb etikai védvonal: a gép javaslatot tehet, de a morális és jogi felelősséget az ember viseli. [21]

Ehhez szorosan kapcsolódik az adatok hitelességének és megbízhatóságának kérdése. Egy MI-alapú rendszerben a hamis vagy a manipulált adat, az adatok megmérgezése (data poisoning) végzetes döntésekhez vezethet. Az ukrán Delta rendszer éppen ezért már most is szigorú többszintű hitelesítési és biztonsági protokollokat alkalmaz az adatok forrásának hitelesítésére. A lakossági bejelentések (eVorog) és a szenzoradatok keresztellenőrzése [7], a nulla bizalmon (zero trust) alapuló architektúra [22], valamint a blokklánc-szerű adatintegritási megoldások segítik a megbízhatatlan információ kiszűrését, biztosítva, hogy a döntéshozók torzításmentes információkat kapjanak.

Végezetül meg kell említeni a jogi elszámoltathatóság kérdését is. Az MI-vezérelt autonóm rendszerek térnyerése szükségszerűen kikényszeríti a nemzetközi humanitárius jog alapelveinek újragondolását is. [23] A cél nem a technológia tiltása, hanem annak biztosítása, hogy a háborús bűncselekményekért való felelősségre vonhatóság ne vesszen el az algoritmusok átláthatatlan rétegeiben. Ukrajna elkötelezettsége a szövetségesi normák mellett azt jelzi, hogy a cél egy olyan „felelősségteljes MI" architektúra kialakítása, amely a technológiai előnyt a demokratikus értékek megőrzése mellett biztosítja.

ÖSSZEGZÉS

Az ukrán védelmi minisztérium 2026. márciusi döntése, amellyel megnyitotta az éles harctéri adatok elérését szövetségesei előtt, végérvényesen új korszakot nyitott a haditechnikai fejlesztések területén. Ez a lépés messze túlmutat a puszta információmegosztáson: Ukrajna ezzel a világ legjelentősebb élő laboratóriumává és egyedülálló MI-tanító központjává (az ukránok saját szóhasználatában „training hub") vált. A korábban vizsgált adatgyűjtő eszközök, mint az eVorog chatbot és a Delta rendszer, ma már nemcsak a pillanatnyi helyzettudatosságot szolgálják, hanem az algoritmusok finomhangolásához szükséges, felbecsülhetetlen értékű nyersanyagot is biztosítják.

A „Combat-proven AI" („harctéren bizonyított MI") koncepciója rávilágított arra, hogy a szimulált környezetben tanított modellek elméleti pontossága nem elegendő a modern, zajos és elektronikai hadviseléssel terhelt hadszíntereken. Csak a valós adatokon alapuló fejlesztés képes radikálisan felgyorsítani a döntéshozatali ciklust, biztosítva azt a technológiai fölényt, amely a hálózatközpontú hadviselés alapfeltétele. A prediktív analízis és az automatizált célfelismerés ma már nem a távoli jövő, hanem a jelen valósága, amelyet az ukrán haderő éles körülmények között, a globális technológiai szektor szereplőit is bevonva tökéletesít.

Ugyanakkor látni kell, hogy ez a technológiai ugrás nem választható el a felelősségteljes alkalmazás etikai és jogi kereteitől. A NATO-irányelvek és a nemzetközi normák betartása garantálja, hogy az MI a döntéshozó emberi parancsnok eszköze maradjon, és ne váljon az emberi felelősség helyettesítőjévé.

Végső soron Ukrajna nem csupán védekezik, hanem egy olyan technológiai ökoszisztémát épít, amelynek tanulságai és eredményei a teljes NATO-szövetség jövőbeli felkészültségét megalapozzák. Az adatvezérelt hadviselés korában azé lesz a stratégiai kezdeményezés, aki képes a leggyorsabban tanulni a harctéri tapasztalatokból és azokat a leghatékonyabb algoritmussá formálni. Új szintre lép a „Software-defined warfare" („szoftverek szabta hadviselés"), ahogy a hagyományos információáramlást kiszorítja a mesterséges intelligenciával támogatott, digitalizált, vizualizációra épülő kommunikáció. ■

A cikkben szereplő strukturális ábrák és folyamatdiagramok a szerzők koncepciója alapján a Gemini (Nano Banana 2) generatív modell segítségével készültek. Az MI kizárólag a vizuális megjelenítésben és a vázlatpontok rendszerezésében nyújtott támogatást; a szakmai tartalom, az adatok validálása és az elemzés a szerzők saját szellemi terméke.

HIVATKOZÁSOK

[1] Ukraine is the first country in the world to open real battlefield data to partners for AI model training. Ministry of Defence of Ukraine. 2026.03.12. https://mod.gov.ua/en/news/ukraine-is-the-first-country-in-the-world-to-open-real-battlefield-data-to-partners-for-ai-model-training (Letöltve: 2026.03.25.)

[2] Hunder, M.: Ukraine's new defence minister vows data-driven overhaul of military. Reuters, 2026.01.21. https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/ukraine-share-wartime-combat-data-with-allies-help-train-ai-2026-01-20/ (Letöltve: 2026.04.25.)

[3] Summary of NATO's revised Artificial Intelligence (AI) strategy. Official texts and resources. NATO. 2024.07.10. https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/official-texts/2024/07/10/summary-of-natos-revised-artificial-intelligence-ai-strategy (Letöltve: 2026.03.23.)

[4] Russell, S. J. – Norvig, P.: Mesterséges intelligencia modern megközelítésben, 1. kötet. Taramix, Budapest, 2023.

[5] S. J. Russell – P. Norvig: Mesterséges intelligencia modern megközelítésben, 2. kötet. Taramix, Budapest, 2023.

[6] Iran's Drone Attacks Against Gulf Countries are Political Messaging. The Maritime Executive. https://maritime-executive.com/article/iran-s-drone-attacks-against-gulf-countries-are-political-messaging (Letöltve: 2026.05.26.)

[7] Biró G.: Az ukrán eVorog chatbot és a Delta rendszer. Haditechnika 2025/5., 18–21. DOI: 10.23713/HT.59.5.04.

[8] Kirichenko, D.: Artificial Intelligence's Growing Role in Modern Warfare. War Room - U.S. Army War College. https://warroom.armywarcollege.edu/articles/ais-growing-role/ (Letöltve: 2026.03.23.)

[9] Macauley, T.: How Ukraine is transforming its battlefield data into a world-first AI training hub. Resilience Media. https://resiliencemedia.co/how-ukraine-is-transforming-its-battlefield-data-into-a-world-first-ai-training-hub/ (Letöltve: 2026.03.23.)

[10] Hunder, M.: Ukraine sees „priceless" digital battlefield data trove as key to West's support. Reuters, 2025.08.27. https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/ukraine-sees-priceless-digital-battlefield-data-trove-key-wests-support-2025-08-27/ (Letöltve: 2026.04.25.)

[11] Palantir: Maven Smart System: Innovating for the Alliance. Medium. https://blog.palantir.com/maven-smart-system-innovating-for-the-alliance-5ebc31709eea (Letöltve: 2026.05.26.)

[12] Hammas, A. – Négyesi I.: A mesterséges intelligencia felhasználási lehetőségei képi felderítési műveletek támogatására: Technológiai áttekintés. Hadmérnök, 2025/1., 87–104. DOI: 10.32567/hm.2025.1.5.

[13] Ferey, A. és de Roucy-Rochegonde, L.: From Ukraine to Gaza: Artificial intelligence in war. Politique étrangère, 2024/3, 39–50. DOI: 10.3917/pe.243.0039.

[14] Iraqi, A.: 'Lavender': The AI machine directing Israel's bombing spree in Gaza. +972 Magazine. https://www.972mag.com/lavender-ai-israeli-army-gaza/ (Letöltve: 2026.04.26.)

[15] Johnson, J.: Automating the OODA loop in the age of intelligent machines: reaffirming the role of humans in command-and-control decision-making in the digital age. Defence Studies 2023/1, 43–67. DOI: 10.1080/14702436.2022.2102486.

[16] Bondar, K.: How Russia Is Reshaping Command and Control for AI-Enabled Warfare. 2026.02.10. https://www.csis.org/analysis/how-russia-reshaping-command-and-control-ai-enabled-warfare (Letöltve: 2026.03.23.)

[17] Gallagher, J. – Oughton, E. J.: Transforming the Multidomain Battlefield with AI: Object Detection, Predictive Analysis, and Autonomous Systems. Military Review Online Exclusive, 2024. szept.

[18] Kushnikov, V.: Russian Army Implements Glaz/Groza Command and Control System. Militarnyi 2025.01.03. https://militarnyi.com/en/news/russian-army-implements-glaz-groza-command-and-control-system/ (Letöltve: 2026.03.23.)

[19] Kitsoft: Cabinet of Ministers of Ukraine - Ministry of Defence launches first AI center of excellence to advance AI integration in defense. https://www.kmu.gov.ua/en/news/minoborony-zapuskaie-pershyi-tsentr-kompetentsii-dlia-vprovadzhennia-shi-v-oboronni-protsesy (Letöltve: 2026.03.23.)

[20] Political Declaration on Responsible Military Use of Artificial Intelligence and Autonomy. United States Department of State. https://www.state.gov/bureau-of-arms-control-deterrence-and-stability/political-declaration-on-responsible-military-use-of-artificial-intelligence-and-autonomy/ (Letöltve: 2026.03.23.)

[21] Négyesi I.: Social and ethical issues of the military use of Artificial Intelligence and effects on democracies. Scientific Journal of the Military University of Land Forces, 2025/1, 85–102. DOI: 10.5604/01.3001.0054.9999.

[22] Shashank, V. K. K.: Zero Trust Architecture - A Beginner's Guide in Cybersecurity Unlocked. Cryptography, Network Security, Data Protection, 2025, 227–264. DOI: 10.1515/9783111712895-010.

[23] Mako, G.: Legal Accountability for AI-Driven Autonomous Weapons. Lieber Institute. West Point. https://lieber.westpoint.edu/legal-accountability-ai-driven-autonomous-weapons/ (Letöltve: 2026.03.23.)

[24] A kép forrása: https://mod.gov.ua/en/news/kateryna-chernohorenko-the-battlefield-video-analysis-platform-known-as-vezha-is-now-accessible-within-the-delta-combat-system (Letöltve: 2026.03.23

HAIG ZSOLT* – SZATMÁRI BALÁZS**

DRÓNELHÁRÍTÓ RENDSZEREK AZ OROSZ–UKRÁN HÁBORÚBAN

I. RÉSZ

* Ezredes, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Elektronikai Hadviselés Tanszék, egyetemi tanár, ORCID: 0000-0002-0326-9086

** Őrnagy, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Elektronikai Hadviselés Tanszék, tanársegéd, ORCID: 0000-0002-9248-0202

Összefoglalás: *A tanulmány az orosz–ukrán háborúban alkalmazott drónelhárító képességeket és rendszereket mutatja be két részben. Az első rész röviden áttekinti a drónelhárítás alapelveit, a drónok felderítésének főbb módszereit, valamint a drónok elleni tevékenység lehetőségeit, különös tekintettel a rádiófrekvenciás detektálásra és az elektronikai zavarásra. Ezt követően a második rész ismerteti az orosz és ukrán fél által alkalmazott, illetve fejlesztett jellemző drónelhárító rendszereket, azok főbb képességeit, műszaki paramétereit és lehetséges harctéri alkalmazását. A tanulmány elsősorban nyílt forrású szakirodalomra és sajtóforrásokra támaszkodik, amelyeket a szerzők szakmai tapasztalataik alapján értékeltek, rendszereztek és szükség szerint kiegészítettek. A vizsgálat rámutat arra, hogy a drónfenyegetés gyors fejlődése többrétegű, szenzorfúzión alapuló, rugalmasan alkalmazható és folyamatosan fejleszthető drónelhárító képességek kialakítását teszi szükségessé.*

Kulcsszavak: *drónelhárító rendszer, pilóta nélküli légi jármű, dróndetektálás, elektronikai hadviselés, elektronikai zavarás, orosz–ukrán háború*

Abstract: *The study presents the counter-drone capabilities and systems employed in the Russo-Ukrainian War in two parts. The first part briefly reviews the basic principles of counter-unmanned aircraft systems, the main methods of drone detection, and the possible forms of counter-drone activity, with particular emphasis on radio-frequency detection and electronic jamming. The second part then examines selected counter-drone systems used or developed by both the Russian and the Ukrainian sides, focusing on their main capabilities, technical parameters, and potential battlefield applications. The study is primarily based on open-source literature and media reports, which the authors evaluated, systematised, and, where necessary, supplemented on the basis of their professional experience. The analysis highlights that the rapid evolution of the drone threat requires the development of layered, sensor-fusion-based, flexible, and continuously adaptable counter-drone capabilities.*

Keywords: *counter-drone system, unmanned aerial vehicle, drone detection, electronic warfare, electronic jamming, Russo-Ukrainian War*



1. ÁBRA. A Celebra Tech által fejlesztett ukrán Trident (Trizub) lézeres drónelhárító rendszer (Fotó: Celebra Tech)

DOI: 10.23713/HT.60.5.04

BEVEZETÉS

Az orosz–ukrán háború 2022. február 24-i kitörése a hadviselés számos területén alapvető változásokat idézett elő. Az egyik legjelentősebb változást a pilóta nélküli légi járművek (Unmanned Aerial Vehicle – UAV), közismertebb nevükön drónok tömeges megjelenése jelenti, amelyeket a hadszíntéren a felderítésben, a csapásmérésben, a logisztikában és számos más területen alkalmaznak a harcoló felek. Mindezt jól szemlélteti, hogy számos szakértő e háborút a világtörténelem első drónháborújaként is aposztrofálja, és a drónhadviselés lassan elfogadott szakterminológiává vált.

A háború kezdeti szakaszában a pilóta nélküli légijárművek alkalmazása még nem érte el a jelenlegi intenzitást, és elsősorban katonai rendeltetésű drónokra korlátozódott, mint az Orlan-10 és a Bayraktar TB2. A 2022-es év végére, illetve 2023 elejére azonban tömegesen jelentek meg a hadszíntéren a kereskedelmi forgalomban elérhető, úgynevezett COTS (Commercial Off-The-Shelf – kereskedelmi forgalomban beszerezhető) UAV-k, mint például a kínai DJI Mavic drónok. Ezeket kezdetben főként harctéri felderítésre, megfigyelésre, tüzérségi tűzhelyesbítésre, valamint gránátok és rögtönzött robbanóeszközök célba juttatására alkalmazták. [1] Napjainkra a harctéri tapasztalatok alapján célirányosan fejlesztett és átalakított drónok kerültek előtérbe, amelyek esetében a csapásmérő alkalmazás vált meghatározóvá.

A drónok hadszíntéri megjelenésével és alkalmazásuk intenzitásának folyamatos növekedésével párhuzamosan egyre nagyobb jelentőséget kapott az ellenük történő védekezés is. A drónelhárítás területén jelentős kihívást jelent mind a célok megbízható detektálása, mind a hatékony ellentevékenység megvalósítása. A drónok kedvező tulajdonságai – például kis fizikai méretük, kicsi radarvisszaverő felületük vagy változatos irányítási megoldásaik – jelentősen megnehezítik felderítésüket és semlegesítésüket. Ennek következtében folyamatosan jelennek meg új felderítési és elhárítási technikák, amelyekre a drónfejlesztők új konstrukciókkal és innovatív irányítási módszerekkel reagálnak. A drónok és a drónelhárító rendszerek (Counter-Unmanned Aerial System – C-UAS) fejlesztése mára egyfajta folyamatos technológiai versengéssé vált.

A tanulmány célja, hogy a főbb drónelhárítási eljárások alapszintű rendszerezésén keresztül betekintést nyújtson a napjainkban zajló háborúban használt legjellemzőbb drónelhárító rendszerekbe, azok specifikus tulajdonságaiba és műveleti alkalmazásuk lehetőségeibe. Ennek megfelelően röviden összefoglaljuk a drónelhárítás elméleti alapjait, különös tekintettel az elektromágneses spektrumban alkalmazható technikákra és módszerekre. Emellett rámutatunk a drónok elleni tevékenység kihívásaira, és bemutatunk a harcoló felek által alkalmazott néhány jellemző eszközt és rendszert. A tanulmány a téma jellegéből és aktualitásából fakadóan elsősorban nyílt forrású szakirodalomra és sajtóforrásokra támaszkodik, amelyeket a szerzők szakmai tapasztalataik alapján értékeltek, rendszereztek és szükség szerint kiegészítettek.



2. ÁBRA. **Drónelfogó hálóba akadt FPV-drón** (Forrás: Shutterstock)

A DRÓNELHÁRÍTÁS ALAPJAI

Napjainkra a drónok okozta veszély kezelése, a fenyegetés elhárítása új eszközöket és eljárásokat hívott életre. A drónok elhárítása komplex feladat, amelynek két fő fázisa a drónok felderítése és a drónok elleni tevékenység. A felderítés az elektromágneses spektrumban (rádiófrekvenciás tartomány, infravörös tartomány, látható fény) vagy a mechanikus rezgések tartományában valósulhat meg. Az ellentevékenység leggyakrabban rádiófrekvenciás elektronikai zavarás útján történik, mely a telemetria-, a vezérlő- és videócsatornák, valamint a műholdas navigációs rendszerek (Global Navigation Satellite System – GNSS) lefogásával valósul meg. Ezen ellentevékenységi móddal szemben először a rádiófrekvenciában való manőverezéssel, később az optikai kábelen keresztül vezérelt drónok alkalmazásával védekeztek. [2] Ennek eredményeként az ellentevékenység módszerei is változtak, és olyan kinetikus módok kerültek előtérbe, mint a speciális lőszerek, hálók, elfogódrónok, vagy az irányított energiájú fegyverek.

DRÓNOK FELDERÍTÉSE

A drónok elleni tevékenység alapvető előfeltétele a fenyegetés időbeni és megbízható felderítése, amelynek keretében megtörténik a célpont észlelése, azonosítása és követése, helyzetének meghatározása. A drónok felderítése az elhárítórendszerek számára az egyik legnagyobb kihívást jelenti, és a drónelhárítás egyik legösszetettebb feladatát adja. A felderítést nehezíti a drónok számos kedvező

tulajdonsága, így különösen kis fizikai méretük, alacsony radarvisszaverő felületük, korlátozott hőkibocsátásuk, valamint jellemzően kis repülési magasságuk. E tényezők miatt a drónok megbízható felderítése általában nem valósítható meg egyetlen érzékelési módszer alkalmazásával. A drónok felderítésére több eltérő elven működő technológia áll rendelkezésre. Ezek közé sorolható:

- a drón és az irányítóállomás közötti kommunikáció felderítése;
- a rádiólokációs felderítés;
- az elektrooptikai (látható fény, infra) tartományú érzékelés, valamint
- az akusztikus tartományban végzett felderítés. [4]

Az egyes módszerek eltérő előnyökkel és korlátokkal rendelkeznek, ezért a korszerű drónelhárító rendszerek jellemzően több érzékelési technológia együttes alkalmazására épülnek.

A drón és a földi irányítóállomás közötti kommunikáció felderítése a rádiófrekvenciás kommunikációs és telemetriai, valamint videójel-továbbító csatorna felfedését és a kisugárzás irányának meghatározását jelenti. A legtöbb modern drón kétirányú adatkapcsolatot alkalmaz, amelynek során az irányítóállomás vezérlőparancsokat továbbít a légi jármű felé, míg a drón telemetriai adatokat, illetve egyes esetekben, például FPV- (First Person View: pilótapersektíva) drónoknál, videójelet küld vissza. Ez lehetővé teszi mind az irányítóállomás, mind a drón kisugárzásának detektálását és rádióiránymérés útján a helyzetük meghatározását is. A módszer előnye, hogy passzív, így kisugárzás nélkül képes a célobjektum detektálására. Korlátja, hogy csak olyan eszközökkel szemben alkalmazható hatékonyan, amelyek rádiófrekvenciás irányítást használnak. Az előre programozott útvonalon repülő, autonóm, vagy optikai kábelen vezérelt drónok esetében a passzív rádiófrekvenciás alapú detektálás hatástalan.

A rádiólokációs felderítés során a rendszer elektromágneses hullámok kisugárzásával és a célról visszaverődő jelek vételével detektálja a légi célokat, és határozza meg helyzetüket. A módszer előnye, hogy a célpont rádiófrekvenciás kisugárzásának hiányában is képes annak felderítésére, így elméletileg autonóm vagy optikai vezérlésű drónok ellen is alkalmazható. A drónok a kis fizikai méretük, alacsony repülési magasságuk, kis hatásos rádiólokációs visszaverő felületük, valamint alacsony repülési sebességük miatt a hagyományos légvédelmi radarok számára nehezen detektálható célpontokat jelentenek. A drónok felderítésére optimalizált radarok a kis fizikai méretű és kis visszaverő felületű célok miatt magas frekvenciatartományban működnek, ami biztosítja a drón méretével összemérhető hullámhosszt, és emellett fejlett jelfeldolgozási algoritmusokat használnak. A kis méretű rotoros drónok klasszifikációját a mikro-Doppler-jelenség elemzésével végzik, amely a rotorok forgása által létrehozott jellegzetes Doppler-eltolódásokat képesek detektálni. [5]

Az elektrooptikai felderítőrendszerek a drón által kibocsátott vagy visszavert elektromágneses sugárzást érzékelik a látható, illetve az infravörös tartományban. Az optikai érzékelők a cél vizuális azonosítását teszik lehetővé, míg az infravörös rendszerek a drón hőkibocsátását használják fel a felderítéshez. Ezek a szenzorok tipikusan másodlagos detektáló eszközök, melyek valamilyen elsődleges szen-



3. ÁBRA. Anvil autonóm többszenzoros drónelfogó rendszer (Fotó: John Ingle, USDOD/dividshub.net)

zortól kapott irányszög és eleváció irányába fordulva képesek azonosítani a drónt. Hatékonyságukat jelentősen befolyásolhatják a meteorológiai és környezeti viszonyok, például a köd, a csapadék, a por vagy a háttérből származó zavaró hősugárzás. A kis méretű elektromotoros meghajtású drónok korlátozott hőkibocsátása tovább nehezítheti az infravörös érzékelést.

Az akusztikus felderítés során a drónok forgószárnya és motorja által keltett zajok akusztikai szenzorokkal való detektálását jelenti a hallható hangok és az infrahangok tartományában. A rotorok és elektromotorok jellegzetes hangképe alapján lehetőség van a drónok jelenlétének felismerésére, valamint bizonyos esetekben típusuk és helyzetük meghatározására is. Előnye, hogy az érzékelők passzív módon működnek, így azok nem deríthetők fel. Ugyanakkor az akusztikus szenzorok hatótávolsága a többi szenzorhoz képest a legkisebb, működésüket pedig jelentősen befolyásolja a környezeti zajterhelés, így harctéri körülmények között a detektálás megbízhatósága jelentősen csökkenhet, emiatt azokat nagy mennyiségben hálózatba kötve hatásos alkalmazni. [4]

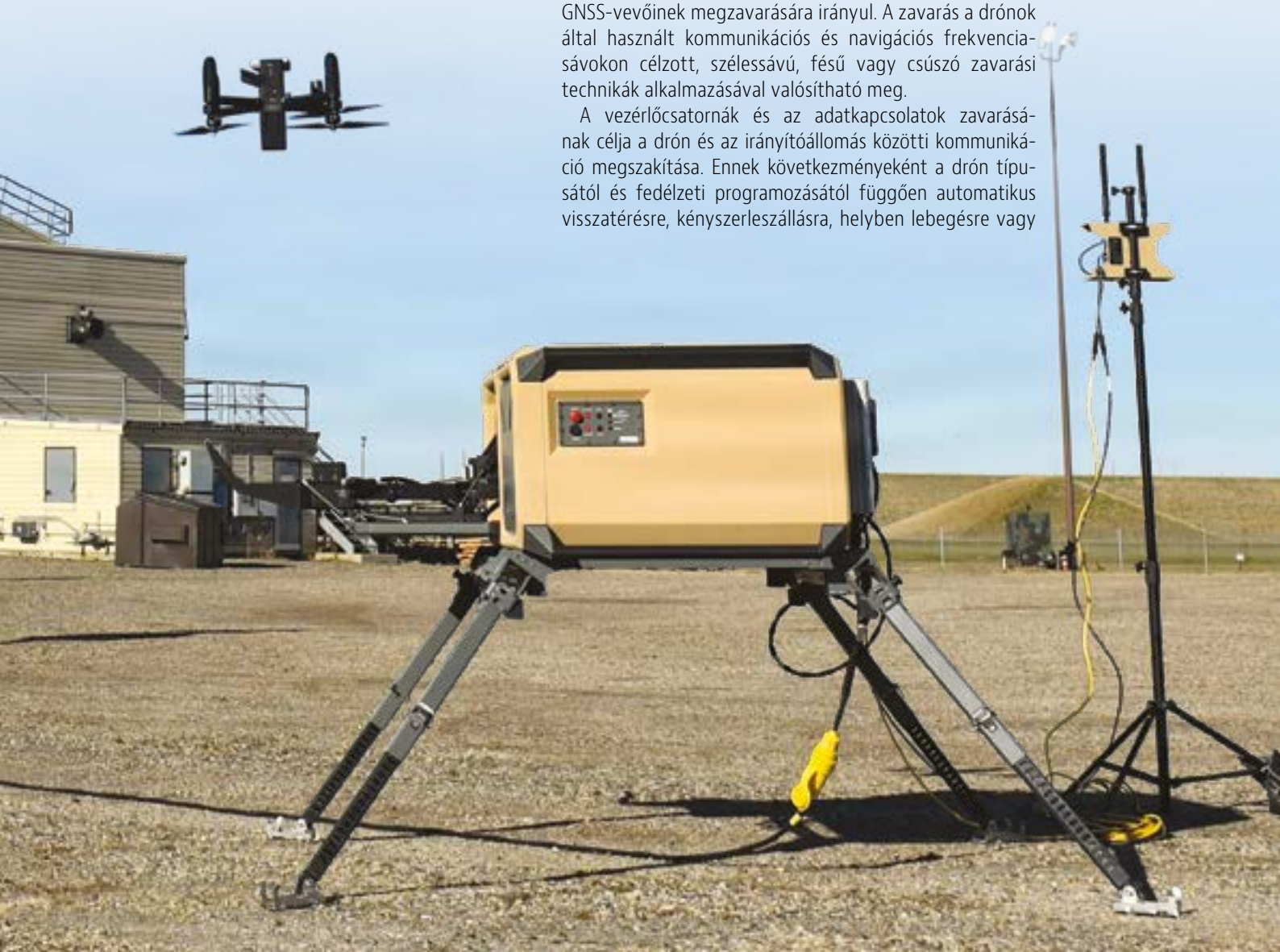
A bemutatott dróndetektálási módszerek eltérő fizikai elveken alapulnak, és mint látható, különböző előnyökkel, illetve hátrányokkal rendelkeznek. Emiatt önmagukban egyik sem képes minden műveleti környezetben hatékony és megbízható felderítést végezni és céladatokat biztosítani. Ezért a korszerű drónelhárító rendszerek jellemzően többféle szenzor integrált alkalmazásán, úgynevezett multiszenzoros érzékelésen alapulnak. A különböző forrásokból származó adatok fúziója növeli a felderítés pontosságát és megbízhatóságát. Az egyszenzoros dróndetektálással szemben a szenzorfúziós megközelítés bonyolult műveleti körülmények között is hatékonyabb megoldás lehet a kis méretű drónok megbízhatóbb detektálására és pontosabb azonosítására.

DRÓNOK ELLENI TEVÉKENYSÉG

A detektálást követő lépés a drónok elleni tevékenység, amelyet az alkalmazott módszerek szerint alapvetően két területre oszthatunk fel: kinetikus és nem kinetikus eljárásokra. A kinetikus módszerek közvetlen mechanikai kölcsönhatás révén semmisítik meg vagy teszik működésképtelenné a drónt. E módszerek közé tartoznak többek között a hagyományos légvédelmi rakéták, a kézifegyverek, a hálóvető rendszerek és az elfogódrónok. A nem kinetikus eljárások ezzel szemben az elektromágneses energia alkalmazásával semlegesítik a célpontot. Ezek közé tartozik a rádiófrekvenciás zavarás vagy az irányított energiájú fegyverek alkalmazása. A cikk témája szempontjából ez utóbbiakat tekintjük át.

A rádiófrekvenciás zavarás az egyik legelterjedtebb és leghatékonyabb formája a drónok elleni tevékenységnek, amely a drón vezérlő-, telemetriai-, videócsatornáinak és GNSS-vevőinek megzavarására irányul. A zavarás a drónok által használt kommunikációs és navigációs frekvenciasávokon célzott, szélessávú, fésű vagy csúszó zavarási technikák alkalmazásával valósítható meg.

A vezérlőcsatornák és az adatkapcsolatok zavarásának célja a drón és az irányítóállomás közötti kommunikáció megszakítása. Ennek következményeként a drón típusától és fedélzeti programozásától függően automatikus visszatérésre, kényszerleszállásra, helyben lebegésre vagy



a feladat megszakítására kényszerülhet. A GNSS zavarása ezzel szemben a helymeghatározási és navigációs képességeket akadályozza, amely különösen az autonóm repülési módokat és az előre programozott útvonalak követését befolyásolhatja. [4]

A zavarási módszerek hatékonysága nagy mértékben függ a drón működési módjától, az alkalmazott zavarvédelmi megoldásoktól, valamint a fedélzeti autonóm funkciók szintjétől. Az autonóm, előre programozott útvonalon repülő, inerciális navigációval támogatott, vagy optikai szálas irányítással működő rendszerek esetében a rádiófrekvenciás zavarás hatása jelentősen korlátozott lehet, ezért ezek ellen más elhárítási módszerek alkalmazása válhat szükségessé.

Az irányított energiájú fegyverek alkalmazása az utóbbi években jelentős lendületet kapott, amelyhez hozzájárult a rádiófrekvenciás zavarással szemben ellenálló drónrendszerek, különösen az optikai kábellel vezérelt drónok megjelenése. Ezek a rendszerek a célpont semlegesítését az elektromágneses energia koncentrált alkalmazásával valósítják meg, közvetlen mechanikai kölcsönhatás nélkül.

A drónelhárításban jelenleg két fő technológiai megoldás terjedt el. A nagy teljesítményű mikrohullámú (High Power Microwave – HPM) rendszerek, amelyek rendkívül nagy (néhány MW) impulzusteljesítményű elektromágneses impulzusokat használnak a drón fedélzeti elektronikájának, alkatrészeinek károsítására. Ezzel szemben a nagy energiájú lézerfegyverek (High Energy Laser – HEL) a célpontra fókuszált energianyaláb segítségével fizikai károsodást idéznek elő a drónban, például az érzékelők, a fedélzeti elektronika, a hajtásrendszer vagy a szerkezeti elemek roncsolásával.

Az irányított energiájú fegyverek előnye az autonóm és az optikai kábellel vezérelt drónok elleni alkalmazhatóság és a nagy pontosság. Hatékonyságukat ugyanakkor jelentősen befolyásolhatják a környezeti viszonyok. A lézerfegyverek teljesítményét különösen a köd, a csapadék, a por vagy a füst csökkentheti, míg a mikrohullámú fegyverek esetében a korlátozott hatótávolság vagy esetlegesen a célpont árnyékolása (Faraday-kalitka) jelenthet hátrányt.

A drónelhárítás ugyanakkor nem kizárólag az elektronikai hadviselés feladata, mivel a pilóta nélküli légi járművek felderítésében és leküzdésében a légvédelmi rakéta- és tüzércsapatok is meghatározó szerepet játszanak. Ez különösen igaz a nagyobb méretű és magasan repülő drónokra, például a Geran típusú eszközökre, amelyek esetében a radaralapú felderítés és a kinetikus megsemmisítés a leghatékonyabb eljárás.

A DRÓNELHÁRÍTÓ RENDSZEREK FEJLŐDÉSE

A drónelhárító rendszerek fejlődése szorosan követte a pilóta nélküli légi járművek képességeinek és alkalmazási módjainak változását. A korai, elsősorban felderítő feladatokra alkalmazott katonai UAV-k jellemzően viszonylag nagy méretű, korlátozott számban alkalmazott eszközök voltak. Az ellenük való védekezés ezért kezdetben nem igényelt speciális eszközöket, mivel a hagyományos légvédelmi rendszerek radarjai és fegyverei képesek voltak ezen célok felderítésére és leküzdésére. Az UAV-k elleni tevékenység ekkor még elsősorban a légvédelem egyik részfeladatának számított.

A kereskedelmi forgalomban széles körben elérhető COTS-drónok megjelenése azonban ezt a koncepciót alapvetően változtatta meg. A kis méretű, kis radarvisszaverő felületű és hőkibocsátású, ugyanakkor rendkívül olcsó eszközök tömeges alkalmazása új kihívások elé állította a védelmi rendszereket. Ennek eredményeként megjelentek azok a C-UAS-rendszerek, amelyek a hagyományos légvédelmi megoldásoktól eltérően többféle érzékelő együttes alkalmazására épültek. A rádiófelderítő, rádiólokációs, optikai, elektrooptikai és akusztikus érzékelők integrált alkalmazása lehetővé teszi a kis méretű drónok megbízhatóbb detektálását, míg az ellentevékenységi képességek között megjelentek a vezérlő-, telemetriai- és videókapcsolatok, valamint a műholdas navigációs rendszerek elleni rádiófrekvenciás zavarórendszerek. [6] Az orosz–ukrán háborúban is elsősorban e rendszerek alkalmazása a jellemző.

Az itt szerzett tapasztalatok ugyanakkor újabb kihívások elé állították a drónelhárító rendszereket. Az FPV-drónok tömeges alkalmazása, az autonóm navigációs képességek fejlődése, az inerciális navigációval támogatott repülési módok, az optikai szálas vezérlésű rendszerek, valamint a rajképességek megjelenése jelentősen csökkentette a hagyományos detektálás és rádiózavarás hatékonyságát. Ennek következtében a fejlesztések egyre inkább a többrétegű védelem kialakítása felé mozdultak el, amelyben a korszerű szenzorfúziós megoldások, a mesterséges intelligenciával támogatott célfelismerés, az elfogódrónok, az elektronikai zavarórendszerek, valamint az irányított energiájú fegyverek egyaránt szerepet kapnak. E szemléletet tükrözi a NATO Szövetséges Transzformációs Parancsnokság által elindított Többrétegű Drónelhárító Kezdeményezés (Layered



4. ÁBRA. **A DroneShield 3,2 kg-os DroneGun Mk4 hordozható „drónpuskáját" felhasználói igények alapján fejlesztették** [3]



5. ÁBRA. **Könnyű tengerészgyalogos légvédelmi integrált rendszer (L-MADIS - Light-Marine Air Defense Integrated System)** (Fotó: Tia Dufour, U.S. Marine Corps/dividshub.net)

Counter-UAS Initiative – LCI-X) is, amely az ukrajnai háború tapasztalataira építve a különböző érzékelők, elektronikai hadviselési eszközök, hatáskifejtő rendszerek és vezetési rendszerek interoperábilis, hálózatba kapcsolt alkalmazását vizsgálja. A jelenlegi tendencia alapján a jövő drónelhárító rendszerei egyre inkább integrált, adaptív és többrétegű védelmi architektúrákká válnak, amelyek képesek a gyorsan változó drónfenyegetésekhez való folyamatos alkalmazkodásra. [7]

Az orosz–ukrán háború további tapasztalata, hogy a drónelhárító képességek már alacsonyabb harcászati szinteken jelennek meg. A nagyméretű, járműre telepített rendszerek mellett egyre nagyobb szerepet kapnak a hordozható, illetve a lövészárkok és harcállások közvetlen védelmét biztosító helyi drónelhárító rendszerek (angolul „trench EW"), amelyek a drónfenyegetés elleni védekezést a harcoló alegységek szintjén valósítják meg. ■

(Folytatjuk)

HIVATKOZÁSOK

[1] Edmonds, Jeffrey A. – Bendett, Samuel: Russia's Use of Uncrewed Systems in Ukraine. CNA Corporation, 2023. márc. https://www.cna.org/reports/2023/03/Russian-Uncrewed-Systems-Ukraine.pdf (Letöltve: 2026.06.10.)

[2] Lessons from Ukraine. Military Review, U.S. Army University Press, 2025. szeptember–október. https://www.armyupress.army.mil/Journals/Military-Review/English-Edition-Archives/September-October-2025/Lessons-from-Ukraine/ (Letöltve: 2026.06.10.)

[3] Ferguson, Gregor: DroneShield releases DroneGun Mk4. 2023.04.17. https://www.ex2.com.au/uncategorized/droneshield-releases-dronegun-mk4/ (Letöltve: 2026.07.16.)

[4] Matić, V. et al.: Methods for Drone Detection and Jamming. In: Zdravković, M. et al. (szerk.): ICIST 2020 Proceedings, 2020, 16–21. https://www.eventiotic.com/eventiotic/files/Papers/URL/f07e8f39-5c16-420e-b0e3-5eb5b5ab1ba0.pdf (Letöltve: 2026.06.10.)

[5] Molchanov, Pavlo et al.: Classification of small UAVs and birds by micro-Doppler signatures. International Journal of Microwave and Wireless Technologies, 2014/3–4, 435–444. DOI: 10.1017/S1759078714000282

[6] Wang, J. et al.: Counter-Unmanned Aircraft System(s) (C-UAS): State of the Art, Challenges, and Future Trends. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 2021/3, 4–29. DOI: 10.1109/MAES.2020.3015537

[7] Layered Counter-UAS Initiative (LCI-X) is Building NATO's Approach to a Fast-Moving Threat. NATO Allied Command Transformation, 2026.05.18. https://www.act.nato.int/article/lci-x-builds-approach-fast-moving-threat (Letöltve: 2026.06.10.)



HENNEL SÁNDOR*

A 2026-OS IRÁNI HÁBORÚBAN HASZNÁLT DRÓNOK, BALLISZTIKUS- ÉS CIRKÁLÓRAKÉTÁK ÉS AZOK ELHÁRÍTÁSA

Összefoglalás: *A tanulmány a 2026-os amerikai–izraeli–iráni konfliktus kezdeti szakaszának katonai-technológiai tapasztalatait vizsgálja, különös tekintettel az iráni drón-, ballisztikus- és cirkálórakéta-képességek, valamint a koalíciós lég- és rakétavédelmi rendszerek viszonyára. Az elemzés rámutat, hogy az olcsó, tömegesen alkalmazható UAV-k, különösen a Shahed-típusú rendszerek, új költségaszimmetriát hoztak létre a modern hadviselésben. A több tízezer dolláros támadóeszközök ellen gyakran milliós értékű elfogórakétákat kellett alkalmazni, ami a védekező fél számára stratégiai és gazdasági fenntarthatósági problémát eredményezett. A konfliktus tapasztalatai alapján a jövő légvédelmének hatékonysága nem kizárólag a nagy teljesítményű elfogórendszerektől, hanem az olcsóbb, skálázható és integrált drónelhárító megoldások gyors fejlesztésétől függ.*

Kulcsszavak: *iráni háború, drón, ballisztikus rakéta, cirkálórakéta, aszimmetrikus hadviselés, Shahed, Harop*

Abstract: *The study examines the military-technological experiences of the initial phase of the 2026 US-Israeli-Iranian conflict, with a particular focus on Iranian drone, ballistic and cruise missile capabilities, as well as coalition air and missile defence systems. The analysis shows that cheap, mass-deployable UAVs, especially Shahed-type systems, have created a new cost asymmetry in modern warfare. Attack assets worth of tens of thousands of dollars often had to be used against millions of dollars, which posed a strategic and economic sustainability problem for the defending side. Based on the experience of the conflict, the effectiveness of future air defence depends not only on high-performance interceptor systems, but also on the rapid development of cheaper, scalable and integrated drone countermeasures.*

Keywords: *Iran War, drone, ballistic missile, cruise missile, asymmetric warfare, Shahed, Harop*

BEVEZETÉS

Az elmúlt évtizedben az autonóm és félautonóm pilóta nélküli légi járművek (UAV-k) megjelenése alapvetően átalakította a hadviselés dinamikáját. Irán ezen technológiák fejlesztésében és exportjában kiemelkedő szereplővé vált, ami jelentős geopolitikai következményekkel jár. Az úgynevezett „drónháború" nem csupán katonai, hanem technológiai, gazdasági és stratégiai dimenziók mentén is értelmezhető. Az iráni fejlesztésű rendszerek alkalmazása több konfliktuszónában – közvetlenül vagy proxy szereplőkön keresztül – új típusú aszimmetrikus hadviselést eredményezett. A 2026. február 28-án indított amerikai–izraeli művelet jelentős katonai erőket mozgatott meg, ennek megfelelően érdemes áttekinteni a felhasznált UAV-k és az ellenük alkalmazott rakéták képességeit. Jelen tanulmány célja a drónképességek fejlődésének, alkalmazási mintázatainak és stratégiai hatásainak elemzése, emellett a felhasznált eszközök bemutatása.

A tanulmány nyílt forrású (OSINT) információkra épül. Az itt ismertetett adatok hivatalos állami közlésekből, gyár-

1. TÁBLÁZAT. **Az Egyesült Arab Emirátusok védelmi minisztériumának nyilvános beszámolója szerint február 28. és március 9. között ellenük indított és elfogott eszközök száma** [2]

Típus	Iránból indított	Elfogott	Elfogási hatékonyság
Ballisztikus rakéta	253 db	233 db	92%
Cirkálórakéta	8 db	8 db	100%
Drón	1440 db	1359 db	94%

* Alezredes, PhD, a Honvédelmi Minisztérium alkalmazottja, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem KMDI oktatója és a Széchenyi István Egyetem mesteroktatója. ORCID: 0000-0002-1923-3432

DOI: 10.23713/HT.60.5.05



tói dokumentációkból, katonai elemző intézetek publikációiból és szakmai adatbázisokból származnak. A konfliktus folyamatban lévő jellege miatt az egyes műveleti és veszteségadatok előzetesnek tekintendők, a költségbecslések pedig nyilvánosan hozzáférhető szakértői értékeléseken alapulnak.

A HÁBORÚ KEZDETE

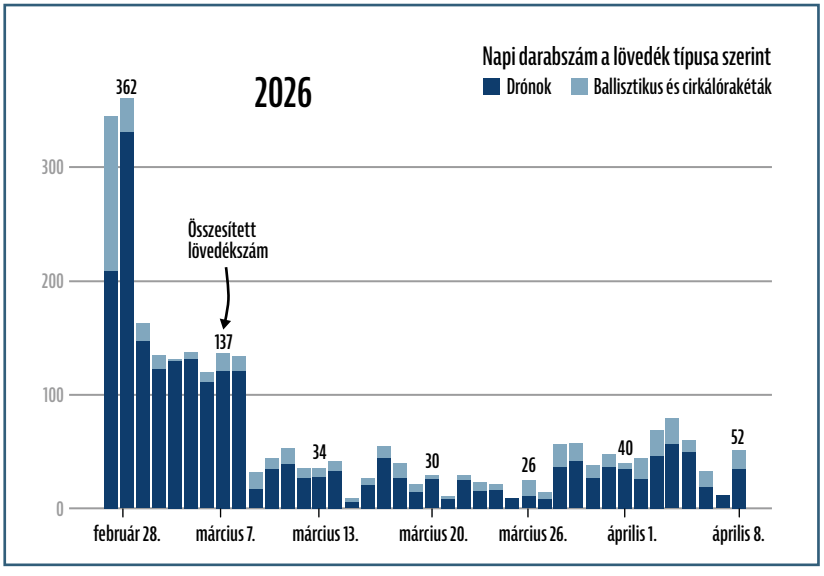
A 2026. február 28-án megindított amerikai–izraeli műveletsorozat az iráni nukleáris és katonai infrastruktúra elleni célzott csapásokkal vette kezdetét és jelentősen növelte a térségben a katonai eszkaláció kockázatát. A támadó fél kommunikált célkitűzése az iráni atomfegyver előállítását megalapozó nukleáris létesítmények pusztítása és az Izraelellenes iráni állami vezetés korlátozása, valamint az iráni nép felszabadítása volt. [1] A trumpi politika és a 2025 júniusában végrehajtott amerikai bunkerromboló légicsapások az atomprogramot lassították, de nem állították meg, azonban az iráni oldalon zajló háborús felkészülést felgyorsították.

A koalíció támadására Irán kiterjedt rakéta- és drónválaszcsapást hajtott végre, amelyek Izrael mellett a régióban állomásozó amerikai erőket is érintették, miközben a tengeri útvonalak biztonsága is romlott, világgazdasági válságot és információs kiszámíthatatlanságot eredményezett. A konfliktus hamar regionális dimenziót öltött. Politikai síkon a nemzetközi reakciók megosztottak maradtak, míg egyes államok a fellépés stratégiai indokoltságát hangsúlyozták, mások az eszkaláció veszélyeire figyelmeztettek és azonnali diplomáciai beavatkozást sürgettek. A Hormuzi-szoros tengeri lezárása és a világpiacot érintő jelentős olajáremelkedés ellenére a NATO egységesen nem jelent meg a műveletekben.

Irán fegyveres műveleteit több műveleti területen kezdte meg: támadta az izraeli létesítményeket, a térségben tartózkodó amerikai erőket, és az érdekkülönbség miatt a szomszédos arab országokat (Szaúd-Arábia, Kuvait, Katar, Egyesült Arab Emirátusok). [1]

Az 1. táblázat alapján látszik, hogy a támadóeszközök igen nagy mennyisége mellett kiemelkedően magasnak mondható az elfogások száma is. Ez döntően a csúcstechnológiájú elhárítórakétáknak köszönhető.

A stratégiai dilemma itt jelentkezik: a néhány tízezer dolláros drónokat többmillió dolláros rakétákkal lőtték le. Ebben az esetben a költségarány megközelíti a százszoros nagyságrendet, amellyel az aszimmetrikus hadviselés egy új, stratégiai szintű elemével szembesülhetünk.



1. ÁBRA. **Az Egyesült Arab Emírségek légvédelme által elfogott rakéta- és dróneszközök száma 2026. febr. 28. és ápr. 8. között** (A szerző szerkesztése [2] alapján)



2. ÁBRA. **A Shahed-136 drón és teherautós szállítási és indítási rendszere** (Fotók: Fars Media Corporation; Tasnim News Agency / Wikimedia) [3]

IRÁN ÁLTAL HASZNÁLT PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰVEK

Shahed–131 és 136

A Shahed–136 egy iráni fejlesztésű deltaszárny konfigurációjú cirkáló lőszer (loitering munition), amely 1000–2500 km hatótávolsággal, 150–185 km/h sebességgel és 30–50 kg-os robbanófejjel rendelkezik, teljes tömege 200 kg. Meghajtását tolólégcsavarral egy MD-550 típusú dugattyús motor biztosítja, amellyel maximális repülési ideje több mint 10 óra. Sajátos indítása teherautóról, konténerből történik startrakéta-gyorsítással. Navigációja INS- és GPS-alapú, amely hatékony autonóm célrepülést tesz lehetővé fix koordináták ellen, miközben kis mérete és alacsony repülési magassága nehezíti az elfogását. Fő előnye az extrém alacsony költség, a nagy hatótávolság és a tömeges alkalmazhatóság, amely lehetővé teszi légvédelmi rendszerek túlterhelését és stratégiai célok költséghatékony támadását. Egységára becslések szerint mindössze 20 000–50 000 USD. [4]

A Shahed–131 szintén iráni fejlesztésű cirkáló lőszer, a 136-os „kistestvére", azonos szerkezeti körvonalrajzzal. Hatótávolsága 700–900 km, 150–180 km/h sebességgel és 10–15 kg-os robbanófejjel rendelkezik, maximális felszállótömege 135 kg. Meghajtását egy kisebb teljesítményű tolólégcsavaros dugattyús motor biztosítja, repülési ideje akár 5–7 óra, és mobil indítóállványról vagy teherautóról indítható. Egységára becslések szerint 15 000–30 000 USD. [4]

Shahed–149 „Gaza"

A Shahed–149 „Gaza" szintén iráni fejlesztésű, de már HALE[1] kategóriájú UAV, amely akár 24–35 órás repülési idővel, 4000 km hatótávolsággal és 200–250 km/h utazósebességgel rendelkezik. Maximális felszállótömege 3200 kg, hasznos terhelése pedig 500 kg. Meghajtását légcsavaros gázturbina biztosítja, amellyel a maximális repülési magassága 11 000 m, ami tartós, nagy területű ISR[2] műveleteket tesz lehetővé, amelyet az elektrooptikai/infravörös és opcionálisan radarszenzorok segítenek. A nagy terhelhetősége irányított bombák, rakéták hordozását teszi lehetővé, így felderítésre és precíziós csapásmérésre egyaránt alkalmas. Egységára szakértői becslés alapján több millió USD nagyságrendű. Fő előnye a hosszú levegőben töltött idő és a nagy hasznos terhelhetőség. [5]

3. ÁBRA. **Shahed-149 drón** (Fotó: Mehrdad Esfahani / Wikimedia)



[1] HALE: High Altitude Long Endurance – nagy magasság, hosszú repülési idő.
[2] ISR: Intelligence Surveillance Reconnaissance – hírszerzés, megfigyelés, felderítés.

Samad-3

A Samad-3 iráni gyártású cirkáló lőszer, amely 1500–2000 km hatótávolsággal, 170–250 km/h sebességgel rendelkezik. A 18–30 kg között változtatható robbanófejjel maximális felszállótömege becslések szerint 150–200 kg. Meghajtását egy tolólégcsavaros, dugattyús motor biztosítja, amellyel a repülési ideje akár 8–12 óra is lehet. Az aerodinamikai kialakítás a nagy siklószámú szárnyakkal optimalizált a hosszú levegőben tölthető idő és gazdaságos utazórepülés érdekében. Navigációja INS- és GPS-alapú autonóm rendszer, amely fix koordináták elleni precíziós csapásra alkalmas, és alacsony repülési profilja csökkenti a radarészlelhetőséget. Egységára becslések szerint 20 000–60 000 USD. [6]

AMERIKAI UAV-ESZKÖZÖK

LUCAS FLM-136

A LUCAS[3] FLM-136 egy amerikai fejlesztésű cirkáló lőszer, amely 1000–1500 km hatótávval, 150–200 km/h sebességgel és 25–40 kg-os robbanófejjel rendelkezik, teljes tömege becslések szerint 180–250 kg. Meghajtását egy dugattyús motor biztosítja tolólégcsavarral, repülési ideje eléri a 8–12 órát, és szintén konténerből vagy mobil indítórendszerről indítható. Navigációja INS- és GPS-alapú autonóm rendszer, opcionális adatkapcsolattal és repülés közbeni újracélzási képességgel, így alkalmas fix infrastruktúra és nagy értékű célpontok elleni precíziós csapásra. Egységára becslések szerint 35 000–60 000 USD. [7]

Az amerikai fejlesztés az orosz Geran-2 UAV-hoz hasonlóan az iráni Shahed-136 koncepcióján (annak másolásával) alapul. Az orosz Geran-2-nél az irániak technológiát adtak át a fejlesztéshez, gyártáshoz, míg a LUCAS esetében mérnöki visszafejtésből hozták létre az új eszközt.

Oroszország az ukrán fronton már 2022-ben tömegesen vetette be a Geran-2-t, bár az ipari gyártás az új, magas színvonalú gyárak építésével csak 2025-re futott fel a tömeggyártásig. Az Egyesült Államok a LUCAS drónját 2026 február végén vetette be tömegesen. Az eszköz felhasználására egy új szervezeti elemet hoztak létre, a Skorpió Csapásmérő Feladatcsoportot, ami egy támadó drónszázad az Egyesült Államok Különleges Műveleti Parancsnokság Központja vezetésével. [8]

IZRAEL DRÓNJAI

IAI Harop

Az IAI Harop izraeli fejlesztésű, 135 kg maximális felszállótömegű cirkáló lőszer, amely 6–9 órás repülési idővel és 1000 km maximális hatótávval rendelkezik, sebessége 185–220 km/h, és egy 23 kg-os robbanófejet képes hordozni. Meghajtását szintén egy tolólégcsavaros dugattyús motor biztosítja, így mobilan, földi vagy tengeri platformokról, konténerből indítható. A rendszer elektrooptikai és passzív radarkereső szenzorokat kombinál, így képes autonóm módon radarok, légvédelmi rendszerek és nagy értékű célok felderítésére és megsemmisítésére, akár operátori beavatkozással vagy teljesen autonóm módon. Egységára konfigurációtól függően becslések szerint 70 000–150 000 USD, amely mellett kiemelkedő előnye az alacsony észlelhetőség és a nagy pontosság. [9]



4



5

4. ÁBRA. **LUCAS FLM-136 cirkáló lőszer**
(Fotó: Naval Air Warfare Center Weapons Division / dvidshub.net)

5. ÁBRA.
IAI Harop cirkáló lőszer
(Forrás: Shutterstock)

Hermes 450 – ISR és csapásmérő

Az Elbit Hermes 450 egy izraeli fejlesztésű MALE[4] kategóriájú UAV, amely 17–20 órás repülési idővel, 300 km adatkapcsolati hatótávval és 130 km/h utazósebességgel rendelkezik, maximális felszállótömege 550 kg, hasznos terhelése pedig 150 kg. Meghajtását egy 38 kW (52 LE) teljesítményű dugattyús motor biztosítja tolólégcsavarral, maximális repülési magassága 5500 m, ami hosszú idejű megfigyelést és stabil ISR-műveleteket tesz lehetővé. Szenzorcsomagja elektrooptikai / infravörös kamerákat, lézeres célmegjelölőt és valós idejű adatátvitelt tartalmaz, így alkalmas felderítésre, célmegjelölésre és Spike rakétáival tűztámogatási feladatokra. Egységára rendszerkonfigurációtól függően 2–5 millió USD. [10]

[3] LUCAS: Low-Cost Unmanned Combat Attack System – olcsó, személyzet nélküli, harci támadórendszer.
[4] MALE: Medium Altitude Long Endurance – közepes magasság, hosszú repülési idő.

6. ÁBRA. **Hermes 450**
(Fotó: Shutterstock)



Hermes 900 – ISR és csapásmérő

Az IAI Hermes 900 szintén izraeli fejlesztésű, 9100 m maximális repülési magassága ellenére MALE-kategóriájú UAV, amely akár 30–36 órás repülési idővel, 1000 km feletti adatkapcsolati (SATCOM révén kvázi globális) hatótávval rendelkezik. 220 km/h maximális sebessége és 1100–1180 kg maximális felszállótömege mellett hasznos terhelhetősége 300–350 kg. Meghajtását egy 85 kW (115 LE) teljesítményű Rotax dugattyús motor biztosítja tolólégcsavarral. Elektrooptikai/infrared rendszereket, tengeri radart, SAR/GMTI radart, SIGINT eszközt és lézeres célmegjelölőt képes hordozni, így felderítésre, célmegjelölésre és bizonyos konfigurációkban precíziós csapás végrehajtására alkalmas. Stratégiai és taktikai képessége a hosszú levegőben tölthető időből és a nagy működési magasságból adódik. Az ára konfigurációtól függően 8–15 millió USD. [10]

7. ÁBRA. **IAI Heron TP UAV**
(Fotó: IAI)



Az IAI HERON TP UAV működéséről részletesebb információ a mellékelt QR-kód beolvasásával érhető el.

IAI Heron TP – HALE ISR és csapásmérő

Az IAI Heron TP izraeli fejlesztésű, HALE-kategóriájú UAV, amely akár 30–40 órás repülési idővel és a SATCOM kommunikáció révén gyakorlatilag korlátlan műveleti hatótávolsággal rendelkezik. Maximális felszállótömege 5400–5670 kg, maximális sebessége 220–300 km/h, míg a hasznos terhelése akár 1000–2700 kg is lehet. Meghajtását egy 883 kW (1200 LE) teljesítményű tolólégcsavaros gázturbina biztosítja, maximális repülési magassága 13 700 m, ami stratégiai ISR és hosszú idejű mélységi műveletek végrehajtására teszi képessé. Szenzorcsomagja elektrooptikai / infravörös rendszereket, SAR/GMTI radart, SIGINT/COMINT payloadokat és műholdas adatkapcsolatot tartalmaz, így alkalmas stratégiai felderítésre, célmegjelölésre és bizonyos konfigurációkban rakétafegyverzetével precíziós csapás támogatására. Az ára konfigurációtól függően 20–35 millió USD. [11]

A példák alapján látható: a drónok előretörésének fontos oka, hogy a korábbi eszközökhöz képest komplex rendszert alkotnak. Nagymagasságú precíziós valós idejű felderítést végeznek, majd cirkáló lőszerként vagy saját rakétafegyverzetükkel csapást mérnek. Új harceljárásként a tömeges támadást alkalmazzák, míg az egyszerűbb konstrukció miatt a költsége jelentősen alacsonyabb, egyfajta stratégiai aszimmetriát hozva létre. A stratégiai aszimmetria elsősorban a költség-, készlet- és kapacitásviszonyokban jelenik meg, és kiemelendő, hogy az ellenük való védelemhez rétegzett, komplex és költséghatékonyságot szem előtt tartó légvédelmi rendszerekre van szükség.



8. ÁBRA. **Hermes 900**
(Nehemia Gershuni-Aylho / ngphoto.biz / Wikipedia)

2. TÁBLÁZAT. **Az Irán elleni háborúban felhasznált dróneszközök képességösszefoglaló táblázata** (A szerző szerkesztése)

Rendszer	Gyártó ország	Méret (hossz / fesztáv)	Max. tömeg	Payload / robbanófej	Sebesség	Hatótáv	Ár
LUCAS FLM–136	USA	3,5 m / 2,5m	180–250 kg	25–40 kg	150–200 km/h	1000–1500 km	35 000–60 000 USD
Hermes 450	Izrael	6,1 m / 10,5 m	550 kg	150 kg	130 km/h	300 km (LOS)	2–5 M USD
Hermes 900	Izrael	8,3 m / 15 m	1100–1180 kg	300–350 kg	220 km/h	1000+ km (SATCOM)	8–15 M USD
Heron TP	Izrael	14 / 26 m	5400–5670 kg	1000–2700 kg	220–300 km/h	1000+ km (SATCOM)	20–35 M USD
Harop	Izrael	2,5 / 3 m	135 kg	23 kg	185–220 km/h	1000 km	70 000–150 000 USD
Shahed–136	Irán	3,5 / 2,5 m	200 kg	30–50 kg	150–185 km/h	1000–2500 km	20 000–50 000 USD
Shahed–131	Irán	2,6 / 2,2 m	135 kg	10–15 kg	150–180 km/h	700–900 km	15 000–30 000 USD
Shahed–149 Gaza	Irán	10,5 / 21 m	3200 kg	500 kg	200–250 km/h	4000 km	5–10 M USD
Samad–3	Irán	3–4 / 4–5 m	150–200 kg	18–30 kg	170–250 km/h	1500–2000 km	20 000–60 000 USD

IRÁNI BALLISZTIKUS RAKÉTÁK

Az iráni ballisztikus rakétaprogram az elmúlt két évtizedben jelentős fejlődésen ment keresztül, amelynek eredményeként a Közel-Kelet egyik legkiterjedtebb rakétaarzenálját hozta létre. A fejlesztések középpontjában a közepes hatótávolságú ballisztikus rakéták (Medium-Range Ballistic Missile – MRBM) állnak, amelyek mobil indíthatóságuk, növekvő pontosságuk és jelentős robbanófej-kapacitásuk révén regionális elrettentő szerepet töltenek be.

A vizsgált konfliktusban ezek a rendszerek nem önállóan, hanem a drónokkal és cirkálórakétákkal együtt, összetett támadási hullámok részeként jelentek meg. Katonai jelentőségük ezért nem csupán a pusztítóerőben, hanem a lég- és rakétavédelmi rendszerek túlterhelésében, az elfogóeszköz-készletek fogyasztásában és a védekező fél döntési idejének csökkentésében ragadható meg.

Az iráni rakétaarzenálban a Khorramshahr–4, a Sejjil–2, a Ghadr–110, az Emad, a Zolfaghar, a Dezful és a Fattah–1 különböző hatótávolságú, robbanófej-tömegű és meghajtású rendszereket képviselnek. Főbb műszaki jellemzőiket az alábbi táblázat foglalja össze.

IRÁNI CIRKÁLÓRAKÉTÁK

A H–55 (angol átírásban Kh-55) szovjet fejlesztésű, levegőből indított stratégiai cirkálórakétát nevével ellentétben egy R95-300 típusú sugárhajtómű hajtotta, amelylyel 750–880 km/h utazósebességet és 2500–3000 km hatótávolságot volt képes elérni. Az 1200–1300 kg indítási tömegű fegyvert a Raduga tervezőiroda fejlesztette ki az 1970–1980-as években. A rakéta alacsony magasságú terepkövető repülési profillal működött, inerciális navigációját TERCOM terepkövető rendszer egészítette ki, amely 20–100 m közötti becsült pontosságot tett lehetővé. A típust elsősorban a Tu–95 és Tu–160 stratégiai bombázók alkalmazták. Az eredeti változat nukleáris robbanófejet is hordozhatott, becsült egységköltsége pedig 1–3 millió USD lehetett.

Az iráni Soumar és Hoveyzeh földi indítású cirkálórakéták konstrukciója részben a H–55 technológiai alapjaira épül. A 2015 után bemutatott rendszerek 1300–2000 km hatótávolsággal és 400–500 kg tömegű hagyományos robbanófejjel rendelkeznek, miközben 750–900 km/h utazósebességgel, alacsony magasságú terepkövető profilon

3. TÁBLÁZAT. **Az iráni ballisztikus rakéták képességeit összefoglaló táblázat** (A szerző szerkesztése [12][13][14] alapján)

Rakéta	Típus	Hatótáv	Robbanófej tömege	Meghajtás	Max. sebesség	Hossz	Indítási tömeg	Pontosság	Becsült költség
Khorramshahr–4 (Kheibar)	MRBM*	2000 km	1500–1800 kg	folyékony	15–16 Mach	13 m	30 t	10–30 CEP***	3–10 M USD
Sejjil / Sejjil–2	MRBM	2000–2500 km	500–1000 kg	szilárd (2 fokozat)	12–13 Mach	18 m	23–24 t	100–500 CEP	5–15 M USD
Ghadr–110	MRBM	1350–1950 km	650–750 kg	folyékony	10–12 Mach	15–16 m	15–17 t	100–300 CEP	2–8 M USD
Emad	MRBM	1700–1800 km	750 kg	folyékony	10–12 Mach	15–16 m	17 t	100–500 CEP	3–10 M USD
Zolfaghar	SRBM**	700 km	450–500 kg	szilárd	6–8 Mach	10–11 m	4–5 t	10–50 CEP	1–3 M USD
Dezful	SRBM/MRBM	1000 km	500–600 kg	szilárd	7–9 Mach	11 m	6 t	10–50 CEP	2–5 M USD
Fattah–1	hiperszonikus MRBM	1400 km	350–450 kg	szilárd	13–15 Mach	12–13 m	12–15 t	10–50 CEP	10–20 M USD

*MRBM: Medium-Range Ballistic Missile; közepes hatótávolságú ballisztikus rakéta; **SRBM: Short-Range Ballistic Missile; rövid hatótávolságú ballisztikus rakéta; ***CEP: Circular Error Probable: körkörös hibavalószínűség; annak a körnek a sugarát jelenti a célpont körül, amelyen belül a kilőtt rakéták vagy bombák pontosan 50%-a becsapódik.

4. TÁBLÁZAT. **A Perzsa-öböl menti arab államok lég- és rakétavédelmi rendszereinek főbb műszaki és alkalmazási jellemzői** (A szerző szerkesztése [17] alapján)

Rendszer	Fejlesztő ország / hadrendbe állítás ideje	Hatótávolság	Elfogási magasság	Max. sebesség	Fő radar	Fő célok	Rakéta becsült ára
THAAD	USA / 1990	200 km	40–150 km	8+ Mach	AN/TPY-2 X-band	ballisztikus rakéták	10–15 M USD
Patriot (PAC-3)	USA / 1970	20–70 km	15–25 km	4–5 Mach	AN/MPQ-65	repülőgép, cirkáló, TBM	2–3 M USD
M-SAM	Dél-Korea; Oroszország / 2000	40–50 km	20 km	4–5 Mach	AESA radar	repülőgép, SRBM	3–5 M USD
Barak–8	Izrael–India / 2000	70–100 km	16–30 km	2–3 Mach	EL/M-2248 MF-STAR	repülőgép, cirkáló	1–2 M USD
Pancir-Sz1	Oroszország / 1990	18 km	15 km	3,8 Mach	1RSz2-1E radar	drón, repülőgép, rakéta	0,5–1 M USD
SkyKnight	UAE / 2010	10–15 km	5–10 km	3+ Mach	többfunkciós radar	drón, cirkáló	0,3–0,7 M USD

repülnek. A navigáció inerciális rendszerre, műholdas korrekcióra és digitális terepkövetésre épül, amely 10–50 m közötti becsült CEP-értéket biztosít. A rakéták becsült egységköltsége 1–3 millió USD, ami Irán számára viszonylag alacsony költségű, nagy hatótávolságú precíziós csapásmérő képességet biztosít. [15]

IRÁNI DRÓNHORDOZÓ HAJÓ

Az IRIS Shahid Bagheri egy iráni drónhordozó, illetve expedíciós tengeri bázishajó volt, amelyet egy korábbi kereskedelmi konténerszállító hajó átalakításával 2022 és 2024 között hoztak létre. A szállítótér helyére egy 180 m hosszú repülőfedélzetet építettek a drónok és helikopterek üzemeltetésére. A hajót 2025 februárjában állították szolgálatba az iráni Iszlám Forradalmi Gárda haditengerészeti kötelékében a perzsa-öbölbeli Bandar Abbas kikötőben. A platformot úgy tervezték, hogy akár 60 drón üzemeltetését is támogathassa, miközben logisztikai és felderítési bázisként működik hosszú tengeri járőrözések során. Hatótávolságát több mint 40 000 km-re becsülték, és a hajó akár több hónapon át képes volt önállóan működni. Létrehozásának becsült költsége több százmillió amerikai dollár nagyságrendű lehetett. A jármű a 2026-os regionális konfliktus idején az Ománi-öböl térségében üzemelt; az amerikai United States Central Command közlése szerint a hajót 2026 márciusának elején támadás érte, amely súlyos károkat okozott, és végül a platform elvesztéséhez vezetett. [16]

Az IRIS Shahid Bagheri az iráni drónképességek kiterjesztésének szerves része volt. A tengeri indítási képességgel előretolt bázisként volt képes működni, amellyel a technikai eszközök hatótávolságát jelentősen kiterjesztette. A jelentős számú hordozott eszköz és ezek egyidejű bevetése erős katonai képességet mutatott. A folyamatos, változtatható pozíciójú tengeri jelenlétével műveleti mélységet, erőkivetítést és műveleti rugalmasságot biztosított.



9. ÁBRA. **Az IRIS Shahid Bagheri** (Fotó: Mehr News Agency / Wikimedia)

A PERZSA-ÖBÖL MENTI ARAB ÁLLAMOK LÉG- ÉS RAKÉTAVÉDELMI RENDSZEREI

A Perzsa-öböl menti arab államok lég- és rakétavédelmi képességei többrétegű védelmi rendszerekre épülnek. Ezekben a nagy magasságú ballisztikus rakétaelhárító rendszerek – például a THAAD –, a közepes és nagy hatótávolságú légvédelmi rendszerek – például a Patriot, az M-SAM és a Barak–8 –, valamint a rövid hatótávolságú, pontvédelmi rendszerek – például a Pancir–Sz1 és a SkyKnight – egymást kiegészítve működhetnek. A rendszerek elsődleges feladata a ballisztikus rakéták, cirkálórakéták, pilóta nélküli légi járművek és egyéb, alacsonyan repülő légi célok elfogása.

A 2026-os konfliktus tapasztalatai alapján e rendszerek jelentős szerepet játszottak a nagy tömegben indított iráni támadóeszközök leküzdésében. Ugyanakkor a drága elfogórakéták alkalmazása az olcsóbb drónokkal és kóborló lőszerekkel szemben komoly költségaszimmetriát eredményezett. Ez rámutat arra, hogy a jövőben a nagy teljesítményű rakétavédelmi rendszerek mellett egyre nagyobb jelentősége lesz az olcsóbb, skálázhatóbb és kifejezetten drónelhárításra optimalizált megoldásoknak is.

ÁTTEKINTÉS

Összegzésként megállapítható, hogy a 2026-os iráni háború egyik legfontosabb tapasztalata az olcsó, tömegesen alkalmazható drónok és a nagy értékű, csúcstechnológiájú elfogórakéták közötti költségaszimmetria volt. Az Egyesült Arab Emírségekben telepített drága, de csúcstechnológiájú rakétavédelmi rendszerek kiválóan teljesítettek, a fenyegetések közel 95%-át képesek voltak hatástalanítani. Irán a Shahed eszközökkel nem elsősorban egyedi pusztítóerőt, hanem mennyiségi nyomást és a légvédelem telítését kívánta elérni. A több tízezer dolláros UAV-k ellen gyakran millió dollár értékű elfogórakétákat kellett alkalmazni, ami stratégiai értelemben már önmagában is kedvezőtlen költségarányt teremtett a védekező fél számára. Ez a jelenség az aszimmetrikus hadviselés új, gazdasági alapú dimenzióját mutatja: a szembenálló felek közül az éri el a kitűzött céljait, aki kedvezőbb költségarány mellett képes tartós nyomást gyakorolni. A modern légvédelem jövője ezért nemcsak a nagy teljesítményű elfogórendszereken, hanem az olcsóbb, skálázhatóbb és rétegzett drónelhárító megoldások gyors fejlesztésén fog múlni.

Az évi néhány tíz, esetleg száz darabos rakétagyártási kapacitás nem elégséges a felmerülő igények kielégítésére. Ennek növelése érdekében az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma januárban bejelentette, hogy a légvédelmi rakéták gyártási kapacitását hétéves időtávon a háromszorosára emeli. A program a Lockheed, a Boeing, az RTX, a BAE Systems és a Honeywell vállalatokat is érinti. [18]

Az Egyesült Államok külügyminisztériuma 2026. március 19-én gyorsított eljárásban jóváhagyott egy 16,5 milliárd dolláros, közel 5000 milliárd forint értékű fegyvereladási megállapodást az Egyesült Arab Emírségeknek, Kuvaitnak és Jordániának, amely a rakétavédelmi eszközkészletek feltöltését célozza. [19] ■

HIVATKOZÁSOK

[1] Pipe, Imogen et al.: See where U.S., Israeli strikes have hit Iran and where Iran has retaliated. The Washington Post 2026.02.28. www.washingtonpost.com/investigations/2026/02/28/where-us-attack-iran-images-video/ (Letöltve: 2026.05.05.)

[2] UAE air defences intercept 12 ballistic missiles, 17 drones. www.wam.ae/en/article/bz48650-uae-air-defences-intercept-ballistic-missiles 2026.03.09. (Letöltve: 2026.05.05.)

[3] Iranian Shahed-136 Drone Unveiled in UK Parliament. United Against Nuclear Iran. www.unitedagainstnucleariran.com/iranian-shahed-136-drone-unveiled-uk-parliament (Letöltve: 2026.05.05.)

[4] Ozsváth Sándor: Shahed-131 és 136 típusú „kamikaze" drónok az orosz–ukrán háborúban. Haditechnika 2024/1, 20–23. http://doi.org/10.23713/HT.58.1.04

[5] Iranian Shahed-149 GAZA Drone first operational mission armed with 8 Sadid 345 guided glide bombs. DefenseWebTV 2025.01.27. www.youtube.com/watch?v=6eot5KAC47I (Letöltve: 2026.05.05.)

[6] Voskuijl, Mark et al.: Flight Performance Analysis of the Samad Attack Drones Operated by Houthi Armed Forces. Science & Global Security 2020/3, 113–134. https://doi.org/10.1080/08929882.2020.1846279

[7] Benton, Jonathan: LUCAS FLM 136: America's cheap Iran-designed Shahed drone clone. 2026.03.10. www.euronews.com/2026/03/10/flm-136-americas-cheap-iran-designed-shahed-drone-clone (Letöltve: 2026.05.05.)

[8] Vincent, Brandi: US military stands up first kamikaze drone squadron under Centcom's new 'Scorpion Strike' task force. Defensescoop 2025.12.03. www.defensescoop.com/2025/12/03/low-cost-attack-drone-squadron-centcom-task-force-scorpion-strike/ (Letöltve: 2026.05.05.)

[9] HAROP Long Range Loitering Munition. www.iai.co.il/product/harop/ (Letöltve: 2026.05.05.)

[10] Hermes 450. Multi-role High Performance Tactical Drone. www.elbitsystems.com/autonomous/aerial/tactical-uas/hermes-450 (Letöltve: 2026.05.05.)

[11] Heron TP MALE UAV Unmanned Aerial System. www.iai.co.il/product/heron-tp/ (Letöltve: 2026.05.05.)

[12] Missile Threat: Iran Missiles Overview. Center for Strategic and International Studies (CSIS), Washington D.C., 2023.

[13] Iran Missile Chronology. Missile Defense Project. Center for Strategic and International Studies, 2024.

[14] Iran Watch: Cruise Missile Programs. Wisconsin Project on Nuclear Arms Control. 2024.

[15] The Military Balance 2024. International Institute for Strategic Studies (IISS). London, Routledge, 2024.

[16] V., Vladislav: Iran Deploys Its So-Called Aircraft Carrier Shahid Bagheri. 2026.01.29. www.militarnyi.com/en/news/iran-deploys-its-so-called-aircraft-carrier-shahid-bagheri/ (Letöltve: 2026.05.10.)

[17] SkyKnight Short-Range Air Defence System Overview. Jane's Defence, 2024.

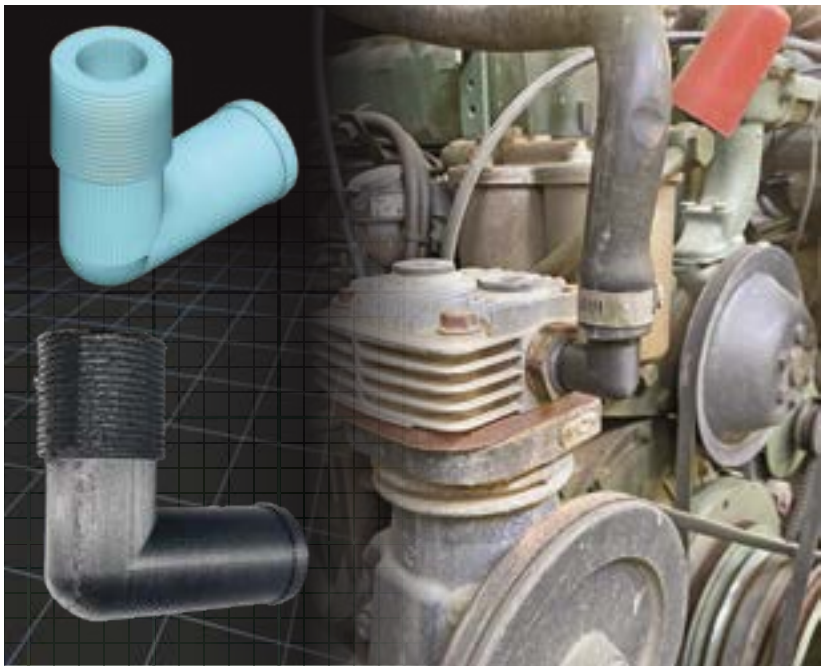
[18] Insinna, Valerie: Pentagon, Boeing announce plan to triple Patriot PAC-3 seeker production. Breaking Defence 2026.04.01. http://breakingdefense.com/2026/04/pentagon-boeing-announce-plan-to-triple-patriot-pac-3-seeker-production/ (Letöltve: 2026.05.10.)

[19] Hirschfeld, Andy: US approves $16.5bn arms deal to Gulf states amid rising Iran tensions. Aljazeera 2026.03.19. www.aljazeera.com/economy/2026/3/19/us-approves-16-5bn-arms-deal-to-gulf-states-amid-rising-iran-tensions (Letöltve: 2026.05.10.)

SZABÓ RÉKA* – GYARMATI JÓZSEF**

GÉPJÁRMŰALKATRÉSZ-GYÁRTÁS ADDITÍV TECHNOLÓGIÁVAL

I. RÉSZ



1. ÁBRA. Tervezőasztaltól a beépítésig: CAD-modell, elkészült alkatrész és a Mercedes-Benz Unimog 1300-ba beépített kompresszorkönyökcső (A szerzők felvételei)

Összefoglalás: *A cikk a Mercedes-Benz Unimog 1300 típusú, összkerékhajtású terepjáró tehergépjármű kompresszorkönyökcsövének 3D nyomtatásos gyártásán keresztül mutatja be a gépjárműalkatrészek 3D-s nyomtatással történő utángyártásának lehetőségét. Az alkatrész kinyomtatása műanyagból, majd fémből egyaránt megtörtént. Az alkalmazott ADAM fém 3D-s nyomtatási technológia Magyarországon még csak néhány helyen érhető el, azonban a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar (NKE HHK), Katonai Logisztikai Intézet, Haditechnikai Tanszéke rendelkezik ilyen nyomtatóval és képességgel.*

Kulcsszavak: *additív gyártás, 3D-s nyomtatás, logisztika, NKE, ADAM*

Abstract: *The article shows the possibility of aftermarket production of military vehicle components using 3D printing, using the 3D printed elbow pipe of a Mercedes-Benz Unimog 1300 all-wheel drive off-road truck as a concrete example. The part was printed in both plastic and metal. The ADAM metal 3D printing technology applied here is not yet widely used in Hungary, but the Department of Military Technology, Institute of Military Logistics, Faculty of Military Science and Defence Training at National University of Public Service, owns such a printer.*

Keywords: *additive manufacturing, 3D printing, logistics, NKE, ADAM*

* Hadnagy, MH 37. II. Rákóczi Ferenc Műszaki Ezred Logisztikai század, századparancsnok. ORCID: 0009-0001-7801-6358

** Ezredes, PhD, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Logisztikai Intézet, Haditechnikai Tanszék, tanszékvezető. ORCID: 0000-0001-7594-2383

BEVEZETÉS

A Varsói Szerződés időszakában folyamatosan érkeztek országunkba a harckocsik és a különböző rendeltetésű harcjárművek. Az alkatrészellátás mindaddig zavartalan volt, míg a Szovjetunió rendszeresen gyártotta ezeket az eszközöket. Azonban a gyártás leállítása és Magyarország új szövetségi rendszerhez történő csatlakozása miatt problémássá vált az alkatrész-utánpótlás ezeknél a járműveknél. A 2022-ben kitört orosz–ukrán háború pedig jelentősen súlyosbította a már meglévő problémát, bár egyes alkatrészek utángyárthatók a 3D-s nyomtatás technológiájával. [1] Ez egy viszonylag egyszerű és gyors folyamat, végtelen ismételhetőséggel, hiszen egy alkatrészt csak egyszer kell megrajzolni, és amennyiben a kinyomtatott mintadarab megfelel a paramétereknek, akkor megkezdődhet a folyamatos utángyártás akár többféle – fém, kompozit vagy műanyag – alapanyagból.

A 3D-s technológia alkalmazásával egy új kapu nyílhat meg az alkatrészellátásban, akár harctéri körülmények között is, hiszen egy ilyen nyomtató szinte bárhová telepíthető, egy-egy alkatrész rajza pedig elektronikusan is továbbítható. Ezt követően – alkatrésztől függően – rövid időn belül nyomtatható és beszerelhető az adott járműbe a 3D nyomtatott alkatrész. [2] A civil szférában már több helyen is alkalmazzák ezt a technológiát, és nemcsak mint prototípusgyártási eljárást, hanem pótalkatrészek gyártására is. [3] A „digitális raktárkészlet" létrehozásának lehetősége is fontos kérdés mind a civil, mind pedig a védelmi szférában. [4]

A jövőt tekintve elmondható, hogy a 3D-s nyomtatási lehetőségek tárháza folyamatosan bővül. Gyakori alkalmazási területe ennek a technikának a repülő- és a gépjárműipar, valamint a gyógyászat, ahol implantátumok gyártására is használják. [5] A fogászatban például koronákat vagy konkrét fogpótlásokat is nyomtatnak. A gépjárműiparban a műanyag mellett a fémnyomtatott alkatrészeket használják legtöbbször, míg az egészségügyben a testazonos szövetek alkalmazásával nyomtatott protézisekkel érhető el áttörés. Katonai alkalmazásban a technológia például optikai alkatrészek előállítására alkalmas. [6] Több kísérlet folyik már a 4D-s nyomtatás irányába is, ám ezek még csak kezdeti fázisban vannak. [7] A 3D-s nyomtatás katonai alkalmazási értéke világviszonylatban várhatóan eléri 2027-re az 1,7 milliárd dollárt, ami jól mutatja a technológia növekvő jelentőségét a haderőfejlesztésben. [8]

AZ ADDITÍV GYÁRTÁS KATONAI VONATKOZÁSAI

A NATO-tagországok haderői szinte mind alkalmazzák már a 3D-s nyomtatást a katonai logisztikában, elsősorban fegyverek és harcjárművek alkatrészeinek előállítása-

DOI: 10.23713/HT.60.5.06

ra. A 3D nyomtatás világában elterjedt STL-formátumban készített fájlt akár egy adathordozón vagy felhőn keresztül el lehet juttatni a több ezer kilométerre lévő műveleti területre, ahol csak egy nyomtatót kell telepíteni, és már készülhet is a szükséges alkatrész. Egy műveleti területen az ellenséges erő a logisztikai ellátási lánc elemeit igyekszik elsősorban megsemmisíteni vagy használhatatlanná tenni. Ebből kifolyólag, ha egy alkatrészraktárt támadás ér, a tárolt alkatrészek feltehetőleg nem lesznek használhatók, ezek utánpótlása pedig hosszú folyamat. [9] Ezt a rést tölthetné ki a 3D nyomtatott alkatrészekkel történő utánpótlás. A 3D nyomtatás lehetővé teszi a haderők által használt olyan eszközök – például szerszámok, karbantartáshoz szükséges segédeszközök és gépjárműalkatrészek – helyszíni előállítását, melyek jelentősen elősegítik a karbantartást és javítást csapattagozatban vagy a helyszínen, mivel ez a technológia gyors, rugalmas és decentralizált gyártást biztosít. Magyarország hadereje tekintetében is nagyban megkönnyítené a katonai logisztika működését egy rugalmas, könnyen mobilizálható utánpótlási és karbantartási perspektíva, melyet a 3D-s nyomtatás tehetne lehetővé.

Az additív gyártás területén az amerikai haderőben történtek eddig a legnagyobb fejlesztések. Ezzel küszöbölik ki az ellátási problémákat és csökkentik a tengerentúli megmunkálási központokba irányuló szállítás költségeit és idejét. A 3D nyomtatott alkatrészek szinte mindenütt megtalálhatók: repülőgép-hajtóművekben, harcjárműveken és a katonák személyi felszerelésén is. Az amerikai haditengerészetnél nyomtattak először szerszámokat a haderő részére, mert felfedezték, hogy a javítási technológia során sokkal egyszerűbb és gyorsabb lenne, ha 3D nyomtatott szerszámokkal tudnának dolgozni, hiszen pótlásuk könnyebb, mint a hagyományos úton előállított eszközöké. 2021-ben a Naval Group például hajócsavart készített ezzel a technikával, ami rendkívül nagy előrehaladásnak számít akkor is, ha csak a hajócsavar méreteit, geometriáját és teherbírását vesszük figyelembe. Bár a csavarlapátok tömege egyenként megközelítette a 200 kg-ot, az utángyártott hajócsavar így is jelentősen könnyebb lett, miközben megőrizte funkcionalitását. Az eljárással nemcsak a gyártási időt sikerült csökkenteni, de minimalizálni tudták a felhasznált anyagok mennyiségét is.

A Pentagon 2021-ben indított additív gyártási stratégiája megkövetelte a 3D nyomtatási technológiák széles körű bevezetését az amerikai védelmi iparban. Ennek eredményeként a 3D nyomtatókat ma már világszerte alkalmazzák szárazföldi bázisokon, valamint repülőgépek és hajók fedélzetén. Az amerikai hadseregben a különböző haderőnemek más-más célból használják a 3D-s nyomtatást. A szárazföldi erők elsősorban a javítási kapacitás növelésére alkalmazzák, míg a haditengerészetnél SUBSAFE[1] alkatrészek gyártására is tesztelik a 3D nyomtatók telepítését a hadihajókon. A légierő a repülésbiztonság szempontjából kritikus, légialkalmas alkatrészek tanúsítására és minősítésére összpontosít, az Amerikai Űrhaderő (USSF[2]) pedig a hi-



2. ÁBRA. **Meghibásodott alkatrész pótlása 3D nyomtatással az amerikai haderőben** [10]

perszonikus repüléshez, valamint a jelentősen nagy méretű 3D nyomtatókhoz szükséges speciális anyagok alkalmazási lehetőségeit kutatja.

Az Amerikai Egyesült Államok haditengerészete két különböző fém 3D nyomtatót telepített a haditengerészet hajóira, a nyugati parton alumínium rendszerrel, a keleti parton pedig rozsdamentes acél rendszerrel, hogy tesztelje a cserealkatrészek tengeri gyártásának megvalósíthatóságát. Egy Xerox ElemX folyékony fém 3D nyomtató lett az első, fémadalékokat gyártó gép, amelyet amerikai haditengerészeti hajóra szereltek fel. Röviddel ezután egy Phillips/Meltio hibrid adalékanyag-gyártó rendszer érkezett a USS Bataan Wasp osztályú repülőgéphordozó dokkhajó fedélzetére, mely a tervek szerint annak állandó tartozéka lesz. [11] Az amerikai légierő egy 3D nyomtatással készült titánium alkatrészt szerelt be az F–22 Raptor lopakodó vadászrepülőgépbe. A helyettesített alkatrész a pilótafülkében található, meglehetősen kicsi és eredetileg alumíniumból gyártották. Az eredeti alkatrészt – anyagösszetétele miatt – a karbantartás során gyakran, az esetek

3. ÁBRA. **Az amerikai légierő által 3D nyomtatott alkatrész az F-22 Raptor lopakodó vadászrepülőgéphez** [12]



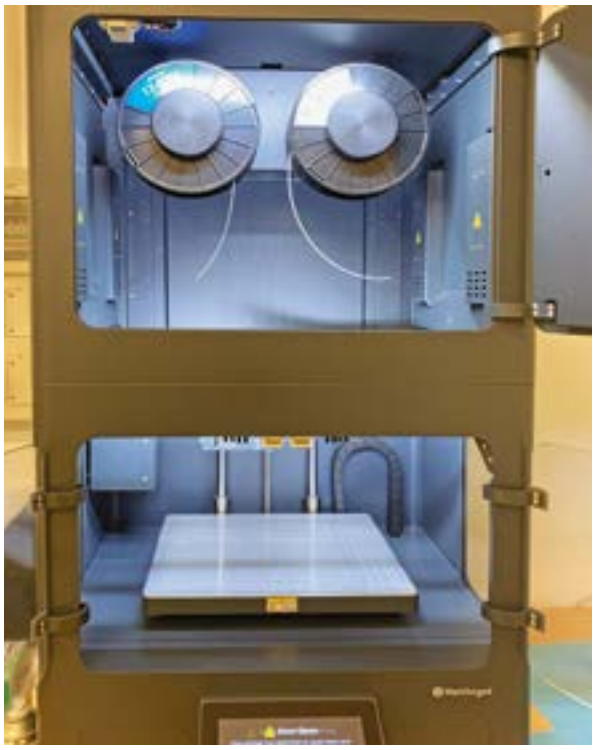
[1] U.S. Navy's Submarine Safety Program: az Amerikai Egyesült Államok Haditengerészetének tengeralattjáró-biztonsági programja.
[2] USSF: United States Space Force.



4. ÁBRA. **Az NKE HHK Haditechnikai Tanszék Ultimaker S3 kétfejes műanyag nyomtatója** (A szerzők felvétele)



5. ÁBRA. **Az NKE HHK Haditechnikai Tanszék Markforged Onyx Pro nyomtatója** (A szerzők felvétele)



6. ÁBRA. **Markforged Metal X fém 3D nyomtató** (A szerzők felvétele)

80%-ában cserélik, míg az új, 3D nyomtatott titán alkatrész kitarthat a vadászrepülőgép hátralévő élettartamáig. [12] Ultimaker nyomtatókkal további, műanyag alkatrészeket is előállítottak már 3D nyomtatással az F–22-es repülőgép számára. (3. ábra)

Az amerikai tengerészgyalogság nemrégiben tesztelt egy 3D nyomtatót, amellyel gyorsan kötő betonból egész épületek állíthatók elő. 36 óra alatt nyomtattak egy olyan betonszerkezetet, amely be tud fogadni egy HIMARS teherautóra szerelhető rakétavető rendszert. Mindezt az ICON Vulcan 3D nyomtatóval valósították meg. Ez a tartós szerkezet képes védelmet nyújtani a személyi állománynak és az eszközöknek egyaránt, igaz, egyelőre csak az időjárás viszontagságai ellen.

Az Amerikai Egyesült Államok Hadseregének Fegyverzet Kutatási, Fejlesztési és Mérnöki központja[3] egy RAMBO típusú gránátvetőt nyomtatott ki fém és polimer 3D nyomtatók segítségével. Később lőszereket is nyomtattak a fegyverhez, melyeket teszteltek is rajta. A nyomtatott minta egyik előnye, hogy mindegyik alkatrésze kevesebb, mint 35 óra alatt készült el ugyanazon a gépen. A berendezés rendkívül költséghatékony, legtöbb részegysége cserélhető és egyénre szabható. [13]

A fokozott igénybevételnél fellépő esetleges hő- és erőhatásokat a műanyagok nem minden esetben képesek elviselni, ezért katonai alkalmazásban a fémnyomtatás jelentheti a legcélszerűbb megoldást. A technológia műveleti területen történő alkalmazhatóságát azonban még vizsgálják. Például szálerősítéssel jelentősen növelhető a 3D nyomtatott műanyagok szilárdsága. [14]

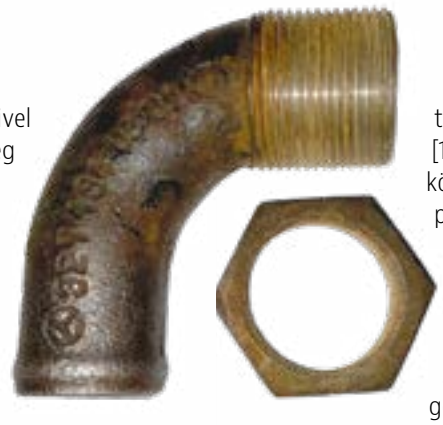
3D NYOMTATÁS AZ NKE HHK HADITECHNIKAI TANSZÉKÉN

A Haditechnikai Tanszéken 2022-ben szereztek be három darab 3D nyomtatót, amelyek műanyag, kompozit és fém nyomtatásra képesek. A tanszék kiemelt kutatási területe a „3D nyomtatási eljárások a katonai logisztikában és iparban". Ennek fő oka, hogy a 3D-s nyomtatás képességei egyre jobban körvonalazódnak a védelmi iparban is. A tanszék oktatói tanulmányt készítenek abban a témában, hogy a 3D fémnyomtatók miképp használhatók fel a jövőben katonai felszerelések, járműalkatrészek gyártására.

A 3D nyomtatók segítségével a kar oktatói és hallgatói is lehetőséget kapnak a technológia kipróbálására és alkalmazására, a fiatal tisztek pedig átültethetik a gyakorlatba az egyetemen elsajátított tudásukat. Számos alkatrész készült el ezzel az eljárással, amelyeket beépítve teszteltek is, ilyen például a Mercedes-Benz Unimog 1300 terepjáró tehergépjármű hűtőfolyadék-elvezető csöve. Ezeket elsősorban műanyag vagy kompozit nyomtatóval készítették.

A jelen tanulmány tárgyát képező Mercedes-Benz Unimog 1300 összkerékhajtású terepjáró tehergépjármű kompresszorkönyökcsövének előállításához az Atomic Diffusion Additive Manufacturing (ADAM) eljárást alkalmaztuk. Ez a 3D fémnyomtatási technológia az amerikai Markforged gyártóhoz köthető. A cég Metal X fém 3D nyomtatója (6. ábra) ADAM-technológiát használ, amely

[3] CCDC: Combat Capabilities Development Command; 2021 óta DEVCOM (https://www.army.mil/devcom).



7. ÁBRA. **Az eredeti alkatrész** (A szerzők felvétele)

egy viszonylag új megoldás e területen, mivel ez a fémnyomtató-típus 2017-ben jelent meg a piacon. [15]

A Metal X 3D fémnyomtatóval – az acél, a rozsdamentes acél és az Inconel anyagok mellett – már tiszta rézből is gyárthatók alkatrészek. [16] A technológia a fémport műanyag hordozóanyag segítségével köti meg. A műanyaghordozóba ágyazott fémport filament (nyomtatószál) formában készítik el, így a nyomtatás első fázisa nagyban hasonlít az FDM/FFF[4] eljárásra, ezért Metal FFF-nek is nevezik. A Metal X-szel végzett additív gyártási folyamat első lépése az Eiger szoftver segítségével végrehajtott tervezés. A nyomtatás fázisa rétegről rétegre építi fel a munkadarabot a műanyag hordozóanyaggal kötött fémporból. A szinterezés során bekövetkező zsugorodás kompenzálása érdekében az alkatrészt a végleges méretnél arányosan nagyobbra tervezik az Eiger szoftverben. A nyomtatást követően az alkatrész mosáson esik át, amelynek során vegyszer segítségével eltávolítják a filament kötőanyagául szolgáló viaszt és az egyéb szennyeződéseket. Ezt követi a kemencében végzett szinterezés, melynek eredményeként a nyomtatott fémpor tömör fémmé olvad össze. A kemencében magas hőmérsékletre hevítve szintereződnek össze a fémporrészecskék, az így kiégetett, túlméretezett alkatrész pedig – az Eiger szoftverben előre meghatározott arányban – a megfelelő méretűre zsugorodik. [17] Miután elkészült a szinterezés, létrejön a 99,7%-os tömörségű késztermék.

A nyomtatás teljes folyamata három lépésből tevődik össze: nyomtatás, mosás-szárítás, szinterezés. A folyamat időigényes, mindhárom fázis elvégzése több napig is tarthat. A nyomtató rozsdamentes acél (17-4HP), szerszámacélok (A2, D2), INCONEL 625 és réz alapanyagokból képes nyomtatni. Az egyetem nyomtatója a 6. ábrán látható. Építési térfogata: 300 × 220 × 180 mm. A legnagyobb nyomtatható alkatrész: 250 × 180 × 150 mm kiterjedésű lehet, a maximális tömeg pedig 10 kg. Az eszköz nyomtatási pontossága 0,1 mm, rétegfelbontása 50 µm.

Az említett berendezésen kívül Ultimaker S3 műanyag nyomtató (4. ábra) és Markforged Onyx Pro (5. ábra) kompozit nyomtató is alkalmazásra került a hűtőcső gyártása során.

A MERCEDES-BENZ UNIMOG 1300 FÉKRENDSZERE, KOMPRESSZORA ÉS A LEGYÁRTOTT PÓTALKATRÉSZ

A Mercedes-Benz UNIMOG 1300 terepjáró tehergépjármű kompresszorának szívóoldali könyökcsövét gyártottuk le 3D-s nyomtatási technológiával. A gépjármű két egymástól független, üzemi és rögzítő fékrendszerrel rendelkezik. [18] Az előbbi fékpedállal működtethető, kétkörös rendszer pneumatikus rásegítéssel. Attól függően, hogy a fékpedál milyen mértékben van lenyomva, a levegőtartályokban lévő légnyomás bekerül a fékrendszerbe, ahol a fékezéshez szükséges hidraulikus nyomást hoz létre az előfeszítő és a kettős főfékhenger segítségével.

A fékrendszer pneumatikus alrendszere két részre osztható, a magasnyomású (15–18,5 bar) és a kisnyomású részre. A kisnyomás az első fékkörben 7,3–9 bar, míg a második fékkörben 7,3 bar. A megfelelő fékhatás eléréséhez a sűrített levegőt egy léghűtéses kompresszor biztosítja, amelyet a motor forgattyús tengelye hajt meg ékszíj közvetítésével. A kompresszor a 8. számú ábrán látható a nyomtatandó alkatrész eltávolítása után. A kérdéses alkatrész az ékszíjtárcsa fölött helyezkedik el, ellenanya rögzíti, és egy gumicsővel csatlakozik a levegőszűrőre.

A kompresszor a motortartó bak jobb oldalán kapott helyet, kényszerolajozású, melyet a motor kenési rendszeréből nyer. A sűrített levegő a jármű kialakításától függően a kompresszortól a levegőszárítón és a nyomásszabályzón, a fagyásgátlón és a nyomásszabályzón, vagy a fagymentesítő szivattyún és a nyomásszabályzón keresztül, a négyutas biztonsági szelepen át jut el a légtartályokig. A légtartályok rendelkeznek ellenőrző- és töltőcsatlakozóval, valamint vízleeresztő szeleppel, egyenként 10 liter térfogatú sűrített levegő befogadására alkalmasak.

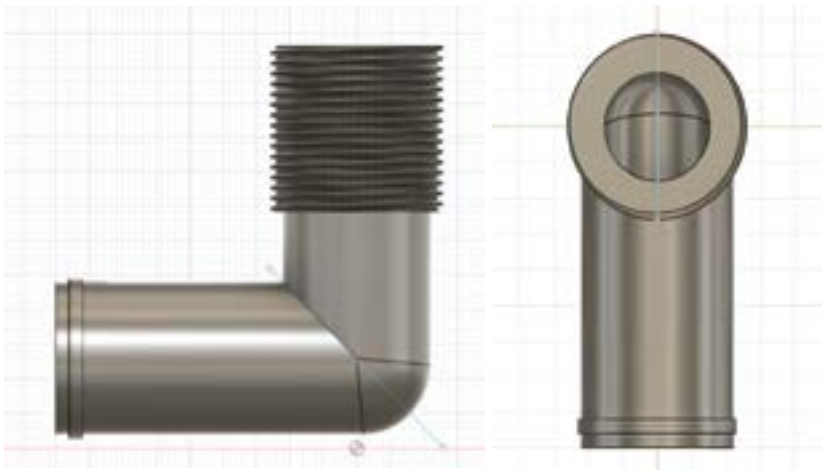
A nyomásjelzőig egy csővezeték vezet a légtartályoktól, alsó mutatója az első fékkörhöz tartozó légtartály nyomását mutatja, míg a felső a második légkörét. Ha a nyomás bármelyik fékkörben 12 bar alá esik, akkor a műszerfalon megjelenik egy figyelmeztető jelzés. A rendszerben





8. ÁBRA. **Az UNIMOG 1300 léghűtéses kompresszora** (A szerzők felvételei)

[4] Fused Deposition Modeling/Fused Filament Fabrication: olvasztott szálhúzásos modellezés/szálolvasztásos gyártás.



9. ÁBRA. A kompresszorcső elölnézeti és oldalnézeti rajza (A szerzők szerkesztése)

található egy négyutas biztonsági szelep, ahova a levegő a fékkörök nyomáscsökkentő szelepeiből áramolhat. Ez a biztonsági szelep osztja el a sűrített levegőt a fékkörök között, valamint ha az egyik fékkör meghibásodik, akkor azt lezárja, hogy ne kerüljön oda feleslegesen levegő. A négykörös biztonsági szelep elválasztja egymástól a két üzemi fékkört, a rögzítőfékkört, a vontatmány fékrendszerét és a többi fogyasztót.

Az első fékkörben kétféle nyomás mérhető, vontatáskor a szelep kimeneti nyomása 7,3 bar, míg vontatmány nélkül 9,5 bar. A fékrendszerben található még egy nyomásszabályzó is, amely a kompresszor által előállított sűrített levegő nyomásának pontos beállításáról és tartásáról gondoskodik. Ezt egybeépítették a víz-olaj leválasztóval, így a szennyeződések könnyen eltávolíthatók a rendszerből a távozó levegő segítségével. Télen a fagymentesítő szivattyúba fagymentesítő folyadékot kell tölteni, hogy elkerüljük a légfékvezetékek és a szelepek elfagyását.

A Mercedes-Benz UNIMOG 1300 kompresszorcsövét először le kellett szerelni a járműről, majd pontosan lemérnetezni. (7. ábra) A csőről a méretek alapján modell készült az Autodesk Fusion 360 program segítségével. A cső geometriája miatt a tervezéskor figyelembe kellett venni a megfelelő lekerekítéseket annak érdekében, hogy ne jöjjenek létre feszültséggyűjtő pontok, ami miatt terhelés hatására a cső megrepedhet, eltörhet. Az utolsó lépés az M26×1,5-es menet szerkesztése volt. A cső formája nem teljesen egyezik ezek miatt a gyári mérettel, azonban a funkcióját így is képes betölteni. A 9. számú ábrán látható a cső oldal-, illetve elölnézetben. A 7. és a 9. számú ábrát összehasonlítva jól látható, hogy a 3D-s nyomtatáshelyes alkatrész geometriája eltér az eredetitől. Erre a támaszanyag eltávolíthatósága miatt volt szükség. ■

(Folytatjuk)

HIVATKOZÁSOK

[1] Gávay György Viktor: Logisztikai járművek alkatrészpótlása 3D nyomtatási technológia alkalmazásával. Katonai Logisztika, 2023/3–4, 208–232. https://doi.org/10.30583/2023-3-4-208

[2] Végvári Zsolt et al.: A 3D nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei I. rész. Haditechnika, 2022/6, 56–61. https://doi.org/10.23713/HT.56.6.09

[3] Tamás Péter – Illés Béla: Gyártórendszerek folyamatfejlesztési lehetőségei a negyedik ipari forradalomban. Műszaki Szemle, 67. sz., 2016, 41–48.

[4] Daruka Norbert et al.: Digitális adatbázis létrehozásának lehetőségei a Magyar Honvédségben a 3D nyomtatási képesség támogatására. Honvédségi Szemle, 2024/4, 72–81. DOI: 10.35926/HSZ.2024.4.6

[5] Adam Strömbergsson: A first look at 3D printed bioresorbable bone implants from A.D.A.M. https://www.voxelmatters.com/3d-printed-bioresorbable-bone-implants-from-a-d-a-m/ (Letöltve: 2024.04.05.)

[6] Végvári, Zsolt: Optikai elemek 3D-nyomtatással történő előállításának lehetőségei. Műszaki Katonai Közlöny, 2024/2, 115–126. DOI: 10.32562/mkk.2024.2.8

[7] Vég Róbert: A 4D nyomtatás és az okos anyagok alkalmazásának lehetőségei. Műszaki Katonai Közlöny, 2023/4, 77–89. https://doi.org/10.32562/mkk.2023.4.6

[8] Ficzere Péter: Additív gyártástechnológiák katonai alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata. Katonai Logisztika, 2023/1–2, 88–95. https://doi.org/10.30583/2023-1-2-089

[9] Végvári Zsolt: A 3D nyomtatás felhasználási lehetőségei a műveleti logisztikában. Katonai Logisztika, 2023/1–2,177–198. https://doi.org/:10.30583/2023-1-2-177

[10] Darius J. Cooper: 3D Printing in Multidomain Operations – United States Army Engineer Regiment. https://www.lineofdeparture.army.mil/Journals/Engineer/Engineer-Archive/2026-E-Edition/3D-Printing/ (Letöltve: 2026.06.18.)

[11] A legjobb 3d nyomtatók katonai alkalmazásokhoz. / https://3dnyomtass.hu/blog/a-legjobb-3d-nyomtatok-katonai-alkalmazasokhoz/ (Letöltve: 2025.03.10.)

[12] 3D printing uses in the military. https://shop3duniverse.com/blogs/digital-fabrication-in-the-workplace/3d-printing-uses-in-the-military?srsltid=AfmBOor2DdQ0yPKgNCd5NOQh4RXd5UovqPw7IDh6LPidU2ZeZgHBx-gB (Letöltve: 2024.08.22.)

[13] Kocsis Bence: Az additív és szubsztraktív technológia katonai vonatkozású alkalmazási lehetőségeinek összehasonlító vizsgálata. Műszaki Katonai Közlöny, 2019/2, 95–104. DOI: 10.32562/mkk.2019.2.8.

[14] Hegedűs Ernő: Szálerősítéses anyagok 3D-s nyomtatásának hadiipari alkalmazási lehetőségei I. rész. UAV-k és könnyűjárművek a haderőben és a katonai logisztikában. Haditechnika, 2023/4, 62–66. https://doi.org/10.23713/HT.57.4.12

[15] Hegedűs Ernő: ADAM-technológiájú 3D-s fémnyomtatás. Technológiai jellemzők és alkalmazási lehetőségek a hadiiparban, a haderőben és a katonai logisztikában, különös tekintettel az UAV-kra és a könnyűjárművekre. Haditechnika, 2023/6, 61–66. https://doi.org/10.23713/HT.57.6.13

[16] Alkalmazási technikák, A Markforged bemutatja az első elérhető megoldást tiszta réz 3D nyomtatására. https://www.freedee.hu/a-markforged-bemutatja-az-elso-elerheto-megoldast-tiszta-rez-3d-nyomtatasara/ (Letöltve: 2025.03.10.)

[17] Huszár István: Tárgyiasult ötletek 3D nyomtatás és tervezés. BBS-INFO, 2021, 182.

[18] Vég Róbert László: Logisztikai szaktechnikai eszközök I. Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2018, 206.



SZATMÁRI ANDRÁS*

FÉL ÉVSZÁZAD A LÖVÉSZRAJOK TŰZTÁMOGATÁSÁBAN

AZ SZVD TÁVCSÖVES PUSKA A MAGYAR HADERŐBEN (1976–2026)

1. ÁBRA. **Magyar katona SzVD-vel a *Breakthrough 2021* gyakorlaton** (Fotó: Kertész László / MH 25. Klapka György Páncélosdandár)

Összefoglalás: *Az SzVD távcsöves puska 1976-os magyarországi rendszeresítése meghatározó eseménye a magyar precíziós lövészetnek. A Jevgenyij Dragunov által 1958–1963 között tervezett fegyver a sportfegyverek precizitását ötvözi a megbízható működéssel. A tanulmány bemutatja a konstrukció megoldásait, a hazai rajmesterlövész feladatkör doktrinális hátterét és az öt évtizedes szolgálati út tapasztalatait.*

Kulcsszavak: *SzVD, rajmesterlövész, Dragunov*

Abstract: *The introduction of the SVD precision rifle in 1976 was a definitive event for Hungarian precision marksmanship. Designed by Yevgeny Dragunov between 1958 and 1963, the weapon synthesizes the accuracy of target rifles with rugged mechanical reliability. This study details the engineering solutions of the design, the doctrinal framework of the Hungarian squad-level sniper (designated marksman) role, and the operational experiences gathered during its fifty-year service history.*

Keywords: *SVD, designated sniper, Dragunov*

BEVEZETÉS

A Dragunov által tervezett távcsöves öntöltő puska, az SzVD (Sznajperszkaja Vintovka Dragunova) 2026-ban tölti az 50. szolgálati évét a magyar haderőben. Ebben a tanulmányban a fegyver megszületésétől követem végig az útját, a Magyar Néphadseregben (MN) történt rendszeresítésen át napjainkig. Ez a hosszú és eseményekben bővelkedő út sok érdekességet foglal magában. Először azonban fontos megmutatni, hogy ez az eszköz miért „távcsöves puska" és miért nem „mesterlövészpuska". A válasz elsősorban a doktrínában rejlik, mivel már a szovjet haderőben is elsősorban a lövészrajokba szánt támogató fegyverként szerepelt.

Érdekes, hogy a magyar nyelv nehezen különbözteti meg a két mesterlövész kategóriát. Az első az angol „sniper" szóval jellemezhető legjobban, és lövészzászlóaljanként általában 3 mesterlövészpárt jelent. Ezek a mesterlövészpárok önállóan képesek feladatellátásra, és a zászlóalj körzetébe tartozó fontos célok pusztítását végzik. A második az angol „designated marksman" kifejezés, és a magyar katonai szaknyelvben a rajmesterlövész kifejezéssel illetik,

* Százados, HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum, Tárgyi Gyűjteményi Osztály, osztályvezető. ORCID: 0000-0002-2402-8759

CC BY NC SA

DOI: 10.23713/HT.60.5.07



2. ÁBRA. **Az SzVD bal és jobb oldali nézeti képe** (Fotó: Hadtörténeti Múzeum, Modern Lőfegyver Gyűjtemény. Jelzet: 419/1987/7.)

3D

Az SzVD puska 3D-s nézete a mellékelt QR-kód beolvasásával érhető el.

aki a lövészraj szervezeti egységében tevékenykedve látja el a feladatát, a raj felelősségi körébe tartozó területen a raj feladatainak elősegítése a célja. Ez utóbbi volt a Varsói Szerződés országaiban a legelterjedtebb precízióslövész-kategória, hiszen itt lövészszázlóaljanként körülbelül 30 főre volt tehető a számuk. Az MN, majd a Magyar Honvédség (MH) szervezeti kultúrájában a mesterlövészek mind a két struktúrában megjelentek, és SzVD távcsöves puskával látták el őket. Bár az eszközök korlátozott számban álltak rendelkezésre, a típus részleges kiváltásával és az MH harcoló állományának a rendszerváltás utáni jelentős csökkenésével felszabadult készletekből a Belügyminisztérium fegyveres szervezetei is részesültek. A Forradalmi Rendőr Ezred Komondor Kommandója több mint 10 darab eszközt kapott, és ezekhez a nehézlövedékes lőszert[1] osztották ki. Ez kifejezetten érdekes részlet, mivel a magyar szabályzatban az említett töltény nem szerepel a felhasználhatók között. [1]

A FEJLESZTÉS TÖRTÉNETE

Az SzVD útjának kezdetét már egy erős dilemma határozta meg, amely komoly próbatétel elé állította a szovjet mérnököket a Tüzérségi Főcsoportfőnökségben (a továbbiakban: GAU,[2] majd 1960-tól GRAU[3]). Ez a dilemma az volt, hogy az 1891/1930 M 7,62 mm-es Moszin-Nagant ismétlőpuskák helyére egy olyan öntöltő eszközt szerettek volna rendszeresíteni, amely egyesíti a mesterlövészpuskák pontosságát az öntöltő rendszerek tűzgyorsaságával. Az automatika alkalmazása jellemzően rontja a kézifegyverek szórásképét, így ez egy meglehetősen ellentmondásosnak tűnő követelményrendszert eredményezett. Már az 1930-as évek közepétől több kísérlet is történt erre, gondoljunk csak az AVSz–36 vagy az SzVT–40 öntöltő puskákra, amelyek ugyan teljesítettek bizonyos szegmenseket ebből a követelményrendszerből, mégsem hoztak áttörést a precíziós lövészet terén. A második világháború után az SzKSz öntöltő karabély ilyen irányú alkalmazása is felmerült, de ez alapvetően az alkalmazott lőszer miatt elbukott. A precíziós lövészet tárgya azért is releváns minden időszakban, mert bár az eszközöket használók aránya 1% körüli, a második világháború tapasztalatai azt mutatták, hogy a harctéren a kézifegyverek hatásának 60-80%-át ezekkel az eszközökkel fejtették ki. A témát az 1950-es években ismét felelevenítették, és az 1958-ban kiírt pályázatra három jelentős fegyvertervező jelentkezett. [2]

Szergej Gavrilovics Szimonov (1894–1986) a Szocialista Munka Hőse és kétszeres Sztálin-díjas tervező volt. Olyan meghatározó fegyverek fűződnek a nevéhez, mint az AVSz–36 öntöltő puska, a PTRSz páncéltörő puska vagy a világszerte elterjedt SzKSz öntöltő karabély. A pályázatra készített SzVSz-jelű puskájánál is ragaszkodott a billenő zártestes reteszeléshez, amely felett ekkorra már eljárt az idő.

Alekszandr Szemjonovics Konsztantyinov (1913–1996) a kovrovi OKB–575 tervezőiroda tapasztalt mérnöke volt, aki szakmai alapjait a legendás fegyverkonstruktőr, G. Sz. Spagin mellett sajátította el. Részt vett a PPS géppisztoly fejlesztésében és a gépkarabély-kísérletekben is. Az 1958-as tenderen 2B-V-10 jelű prototípusával indult, amely papíron innovatív ergonómiát és kimagasló pontosságot ígért.

Jevgenyij Fjodorovics Dragunov (1920–1991) az izsevszki fegyvergyártó iskola meghatározó alakja, aki fegyvergyári munkáscsaládba született. Gépésztechnikusi végzettsége mellett első osztályú minősítésű céllövő és lőoktató volt. 1939 és 1945 között főfegyvermesterként több ezer fegyver javításáért felelt. Az általa tervezett sportfegyverekkel sorozatosan nyerték az érmeket nemzetközi tornákon a szovjet sportlövészek. Ezekből a tapasztalatokból született meg az SzSzV–58 öntöltő puska, amely sportfegyverszemlélettel közelítette meg a mesterlövészet világát.

Az öntöltő puska pályázatához kapcsolódóan kiírták az optikai irányzék pályázatát is. A fejlesztést a novoszibirszki 69. számú üzemben Anatolij I. Ovcsinnyikov vezette. Az elvárás a 100 és 1300 méter közötti precíziós célzás biztosítása volt.

Az első kísérleti példányok 1959-re készültek el, a lőtéri vizsgálatokat 1960 januárja és áprilisa között végezték el. Szimonov fegyvere késve, február elején érkezett a próbákra. A tesztek során rendkívül megbízhatatlannak bizo-

[1] Sárga lövedékjelöléssel. 12 g lövedéktömegű a könnyű acélmagvas lövedék 9,6 g tömegével szemben.
[2] Glavnoje Artyillerijszkoje Upravlenyije.
[3] Rakéta- és Tüzérségi Főcsoportfőnökség. Glavnoje Raketno-Artyillerijszkoje Upravlenyije.

nyult. Az akadályok előfordulása 3,3%-tól 30%-ig terjedt, és elsősorban adogatási és ürítési hibák fordultak elő. Ez a hibaszázalék ötszörösen meghaladta a normát, és a fejlesztését leállították. [3] Konsztantyinov puskájának pontossága és megbízhatósága megfelelő volt, viszont súlyos ergonómiai hibákat mutatott. A tokfedélre épített pofadék vibrációja a lövészre rossz hatással volt, és az optikai irányzék jelenlétében a mechanikus irányzékot nem lehetett használni. Dragunov alkotása a próbák során technikai finomhangolásra szorult, különösen a gázátömlő furat mérete (2,5 mm-ről 2,8 mm-re növelték) és a hüvelyvonó rögzítése terén, amely 70 °C-os hőmérséklet felett hajlamos volt a megszorulásra. [4]

A lőtéri vizsgálatok tapasztalatai alapján Konsztantyinov szinte teljesen új fegyvert tervezett 2B-V-10P néven, amelyel kiküszöbölte a feltárt hibákat. Ezen belül a mechanikus irányzék használatát, a lemeztokszerkezet martra változtatását, illetve az ágyazat átalakítását lehet kiemelni. Dragunov ezzel szemben az SzSzV–58 (a források nem konzekvensek, mert SzV–58 néven is említik ebben a fázisban) tökéletesítése mellett döntött. A megismételt próbákat 1960. december 26-án kezdték meg Leningrádban. Az 1961 januárjában befejeződött folyamat eredményeként bebizonyosodott, hogy bár pontosságban a két típus hasonló, megbízhatóság és élettartam tekintetében Dragunov fegyvere messze felülmúlja riválisát. Konsztantyinov rendszere alapvetően a tár adogatási hibái, valamint a helyretoló rugók törései miatt esett ki a versenyből. [5]

Ebben a fázisban érdemes megemlíteni, hogy 1961. június 17-én végrehajtottak egy bemutatót is a Kijevi Katonai Körzetben. Ezen három elismert mesterlövész is részt vett, többek között Vaszilij Grigorijevics Zajcev, aki a második világháború legelismertebb mesterlövészei közé tartozott. A másik két mesterlövész a Felderítő Főcsoportfőnökség (GRU[4]) állományába tartozott, név szerint G. V. Kupko alezredes és A. P. Litvinov főhadnagy. Mindhárom mesterlövész 100 méteren demonstrálta a képességeit mindhárom fegyverrel, 300 méteren Kupko Dragunov fegyverével, Zajcev pedig Konsztantyinov fegyverével lőtt. Kiemelésre érdemes, hogy ezen a bemutatón mind a három eszköz részt vett, bár a legígéretesebbnek a Dragunov-féle konstrukció bizonyult (Szimonov fegyvere már az előző évben kiesett a versenyből). A fegyverekkel 20-20 lövést adtak le, és a teljes szóráskép átmérőjét vették összehasonlítási alapul. Ez a precíziós lövészet sajátosságaiból adódó követelmény, más esetben a lövések belső 75%-át, illetve 50%-át vették volna. A legjobb szórást 100 méteren Kupko lőtte a Konsztantyinov-féle puskával, 300 méteren pedig Dragunovéval. [7]

A GRAU 1962. március 16-án javasolta egy 100 darabos kísérleti széria legyártását a csapatpróbákhoz a Moszkvai és Belorusz Katonai Körzetben. Az optikai irányzék csapatpróbájára is itt került sor. Ovcsinnyikov fejlesztőcsapata több forradalmi megoldást integrált: a négyszeres nagyítást, a 6 fokos látószöget és a parabolikus távolságmérő skálát, amely az 1,7 méteres emberalak magasságán alapult. Kiemelkedő újítás volt a szálkereszt-megvilágítás és az optikai rendszerbe integrált, ellenséges aktív infravörös éjjellátók detektálására szolgáló passzív infravörös érzékelő, amely igény szerint kapcsolható volt, és a napsugárzással töltődött fel. A csapatpróbák rávilágítottak az agyazás gyenge szerkezeti szilárdságára, a tárak és pofadékok leejtéskori leválására, valamint a PSzO–1 optikai irányzék sérülékenységére és nehézkes nullázására.

A csapatpróbák tapasztalatai alapján végrehajtották az utolsó módosításokat, melyek során integrálták a lángrejtőt, fixálták a nyílt irányzékot és krómozták a csőfuratot. Az SzVD távcsöves öntöltő puskát (GRAU kód: 6V1) és a PSzO–1 optikai irányzékot 1963. június 3-án rendszeresítették hivatalosan a szovjet haderőben. [6] (2. ábra)

Összességében az SzVD technikai megoldásainak kialakításában meghatározó szerepet játszott Dragunov sportfegyvertervezői tapasztalata. Az egyik legfontosabb újítás a gázdugattyú és a zárkeret szétválasztása volt, ami lehetővé tette, hogy az automatizmus használata mellett nagyobb pontosságot érjen el a lengőrendszer optimalizálásával. Emellett jelentősen csökkenti a felütköző tömegek által generált vibrációt, és a lövésfolyamat során a fegyver súlypontja is kevésbé mozdul el. Ez az elgondolás éles kontrasztban áll a Kalasnyikov által tervezett, robosztus automatikával. A három reteszelő szemölcs és a megnövelt reteszelési szög jobb terheléseloszlást eredményezett a záráskor, és a lövedék kilépéséig az öntöltő üzemmód mellett is lehetővé tette a csőtengely hosszirányú stabilitását.

Az optika a tok oldalán fecskefarkos rögzítéssel került a fegyverre, amely ugyan biztosította a stabilitást, de hosszú távon a modularitás gátjává vált. (3. ábra) Az osztott, a csőhöz laprugókkal kapcsolódó előágy lehetővé tette a cső hőtágulását és jobb hűtését az intenzív tüzelés közben. Ezek együtt megakadályozzák, hogy az előágy rögzítése miatt keletkező feszültség miatt a találati pont elvándoroljon a cső melegedésekor.

A huzagolás menetemelkedésének 320 mm-ről 240 mm-re csökkentése a pontosság kismértékű csökkenése mellett megengedte, hogy speciális lövedékekkel szerelt (fényjelző, páncéltörő-gyújtó) töltények is ugyanolyan pontosság mellett legyenek kilőhetőek. Ez a rajmesterlövész feladatkör szempontjából kiemelt fontosságú volt.

További speciális megoldás volt a tokfedél reteszes, merev rögzítése. Ez elengedhetetlennek bizonyult, mivel a tokfedélhez kapcsolódik a helyretolószerkezet. Kifejezetten érdekes az egyben kiszerelhető elsütőszerkezet,



3. ÁBRA. **Az optika és a tok nézeti képe** (Fotó: Hadtörténeti Múzeum, Modern Lőfegyver Gyűjtemény. Jelzet: 419/1987/7.)

[4] Glavnoje Razvedivatyelnoje Upravlenyije.



4. ÁBRA. **SzVD-s lövész téli álcában egy 2009-es gyakorlaton** (Fotó: Tóth László / HM Zrínyi Nkft. fotóarchívuma)

amely kialakításában a Kalasnyikov-rendszerű elsütőszerkezettel nagyrészt egyezik (természetesen a sorozatlövési üzemmód nélkül), viszont annál sokkal finomabb kialakítású. Az áttört, sportfegyverekére emlékeztető, szivacsos pofadékkal ellátott tusa-markolat ergonómiailag hatalmas ugrás volt a lövész kényelme és a tűzkiváltás pontossága szempontjából.

Az Ovcsinnyikov csapata által tervezett parabolikus távolságmérő skála (6. ábra) lehetővé tette az emberalakra történő, megfelelő pontosságú távolságmeghatározást külön eszköz nélkül és jelentősen pontosabban, mint az addig megszokott módszerekkel. A szálkereszt-megvilágítás szürkületi viszonyok között is lehetővé tette a pontos tüzelést. Nagy jelentősége volt az ellenséges aktív éjjellátó (infrasugárvetővel felszerelt) rendszerek felderítésére szolgáló passzív rendszernek, amely egy napfénnyel aktiválható lemezből állt; a lemez készenléti állapotban (nappal) feltöltődött, majd éjszaka egy kapcsoló segítségével az optikai rendszerbe volt fordítható.

5. ÁBRA. **Magyar mesterlövész fán elfoglalt tüzelési pozícióban egy 1977-es bemutató során** (Fotó: Tóth András / HM Zrínyi Nkft. fotóarchívuma)



Dragunov tervezőként tovább dolgozott, és tervezői szemléletmódja meghatározó alapot nyújtott az utána következő nemzedékek számára is. Úttörője volt a „lőszer-fegyver-lövész rendszer funkcióanalízise által meghatározott pontosság" fogalomnak, amelynek legnevesebb magyar továbbgondolója Földi Ferenc, a Gepárd nagyűrméretű mesterlövész fegyvercsalád tervezője. Dragunov jelentősebb sportfegyverei között szerepelt az SzVD megalkotása előtt a CV „Zenyit" sorozat, az MCV „Sztrela" és a „Biatlon" sorozat. Későbbi munkái közül kiemelésre méltó a PP–71 kísérleti géppisztoly és ennek továbbfejlesztése, a PP–91 „Kedr" géppisztoly. Mindkét fia, Mihail és Alekszej ugyancsak a fegyvertervezői pályán helyezkedtek el, és apjuk szemléletmódját tették magukévá. Mihail Dragunov visszaemlékezésében leírja, hogy a fegyverekkel kapcsolatban apjának két alapszabálya volt: „Soha ne fogj emberre fegyvert, viccből sem, még abban az esetben sem, ha biztos vagy benne, hogy töltetlen!", illetve: „A fegyverek nem szeretik a viccet és nem bocsájtják meg a hibákat." Mindkét fia tíz éven keresztül tanulta mellette a tervezői szakmát a KB-3 tervezőirodában. A „Kedr"[5] külön érdekes abból a szempontból, hogy három Dragunov-generáció munkáját foglalja magában, hiszen unokája, Alekszej Alekszejevics is részt vett a fejlesztésben. A legidősebb Dragunov 1991. augusztus 4-én hunyt el, és Izsevszkben nyugszik, ahol 1997 óta utca viseli a nevét, 2011-ben pedig posztumusz díszpolgár lett, majd 2014-ben az Izsevszki Műszaki Egyetem is róla kapta a nevét. [8]

HAZAI RENDSZERESÍTÉS

Az eszközt az MN-ben az Egyesített Fegyveres Erők Főparancsnokságának[6] (EFEF) ajánlásával rendszeresítették a TISZA-80 terv szerint, a Szovjetunióból beszerezve. Az SzVD rendszerbe állítása rekordidő alatt folyt le, mivel az EFEF-ajánlás lehetővé tette, hogy a 029/1975. HM utasítás által előírt szigorú csapatpróbák helyett a szovjet csapatpróba-eredményeket fogadják el. Ez nagyban hasonlít a napjainkban alkalmazott NATO-ajánlási és STANAG-szabványrendszerre. A fegyverszállítmány 1976. július 29-ig érkezett meg az MN 7215 alakulathoz, a 14. Fegyverbázisra, Tápiószecsőre. Egy komplett készlet ára fegyverenként 783 rubelt, akkori árfolyamon 26 000 forintot tett ki (ez jelenleg körülbelül 1 950 000 Ft lenne). A rendszeresítési folyamat rendkívül szervezett volt: a felkészítés tervezése 1977. április 1-ig zajlott le, a tényleges ellátás pedig az 1977-es FERTŐD szervezési terv keretében valósult meg 1977. október 1-ig. Az eljárás érdekessége, hogy bár a teljes készlet 1976 nyarán megérkezett az országba, a rendszeresítési nomenklatúrában az eljárás az 1976. november 25-i Rendszeresítési Bizottsági ülésre volt betervezve. [9]

[5] Kedr: Konsztrukcija Jevgenyija Dragunova – Jevgenyij Dragunov konstrukciója.
[6] A Varsói Szerződés legmagasabb szintű katonai szerve volt.

Az összesen 700 darab SzVD elosztása a csapatok között az alábbiak szerint valósult meg:

- gépesített lövészszakaszonként 1 darab (összesen: 432 darab);
- gépesített lövész- és harckocsiezredek felderítőszakaszonként 3 darab, hadosztályközvetlen felderítő-zászlóaljanként 12 darab (szervezetszerű felderítőalegységek összesen: 144 darab);
- 27. felderítőszázad (MN 3458, Szolnok) 15 darab;
- 34. önálló felderítő-zászlóalj (MN 3100, Szolnok) 24 darab;
- katonai tanintézetek részére 5 darab;
- „M" tartalék 74 darab;
- javítási cseretartalék 6 darab.

A beszerzés technológiai korszakváltást jelentett, mivel az MN egy akkoriban világszínvonalú, precíziós öntöltő konstrukcióhoz jutott hozzá. A készlethez alapfelszerelésként 5 darab 10-es tár és tisztítószerelék tartozott. Emellett a TASZT-készletben az optikai irányzékhoz is rendelkezésre állt tisztítókészlet, illetve tartalék alkatrészek. A fegyverhez kétféle szurony is tartozott. Az első a Kalasnyikov gépkarabélyoknál is használt 6H3 (oroszul 6X3), a második az újabb 6H4 (6X4) típushoz tartozott. Az utóbbinál a markolat és a hüvely világos színű bakelittel borított.



6. ÁBRA. Az optika szálkeresztje (Fotó: Tóth László)

Az ellátási javadalmazás fegyverenként 100 darab lőszert tartalmazott, melynek összetétele 80 darab LPSz acélmagvas könnyű lövedékes lőszer és 20 darab B-32 páncéltörő-gyújtó lőszer volt.

A fentiek alapján a hazai katonai doktrína az SzVD-re nem önállóan tevékenykedő mesterlövész fegyverként, hanem a gépesített lövészszakaszok tűzerejét növelő eszközként tekintett. Ebben a feladatkörben a rendeltetése a szakasz előrehaladását akadályozó vagy a tűzszektorában lévő fontos célok (géppuskafészkek, tisztek stb.) leküzdése volt 600–800 méteres távolságig. (4. ábra) A felderítőalegységeknél pedig a különleges, kiemelt célok kiiktatása volt az elsődleges. A rendszeresítésre bocsájtáskor kiadott ismertető szerint a szükséges létszámigény gépesített lövészezredeknél szakaszonként 1 fő, összesen békeszervezetben 99 fő, hadi szervezetben 432 fő, a felderítőalegységeknél viszont nem vont magával létszámigényt, mivel a szervezett golyószórót, illetve géppisztolyt váltotta fel a tervezett mennyiségben.

Terveztek ezenfelül fegyverenkénti fenntartási költséget is, amely a főcikk beszerzési árának 7%-a az első évre, az ezutáni évekre pedig a 3%-a volt. A NATO szervezetében legközelebb álló vetélytársának a 7,62 mm-es M1 Garand öntöltő puskát tekintették, amellyel szemben minden tekintetben jobbnak mutatkozott. A rendszerben tartás tervezett időtartamát 10–15 évre tették.

50 ÉVE SZOLGÁLATBAN

A fegyver bizonyította rendkívüli megbízhatóságát a délszláv válság határvédelmi feladataitól kezdve a balkáni és afganisztáni békefenntartó missziókig. A magyar katonák körében a típus népszerű volt az akkoriban futurisztikus PSzO–1 irányzék és a fegyver elnyűhetetlensége miatt.

Ugyanakkor a magyar alkalmazás során kritika érte a pontosságot, amelynek oka azonban gyakran nem a fegyverben, hanem a lőszerben rejlett. A hazai szakmai elemzések rávilágítottak, hogy a sorozatgyártású LPSz hadilőszer szórása (2,5–3 MOA[7]) messze elmarad a precíziós követelményektől, miközben a fegyver minőségi lőszerrel elvileg 1,0–1,2 MOA teljesítményre is képes.[8] Ezeknek a töltényeknek (7N1 és 7N14) a beszerzése, illetve a hazai gyártása nem valósult meg, ami komoly gátat jelentett az eszköz teljes potenciáljának kiaknázásában.

További problémát okozott a pontosság szempontjából az, hogy a magyar nyelvű szabályzat szerint az alegységeknél a támlán az optikai irányzék nélkül kellett tárolni. [9; 57.] Az optikai irányzék rögzítési módja miatt viszont ez minden újbóli felszerelésnél belövést tett volna szükségessé. Természetesen irreális, hogy a katona minden fegyverfelvétel után belövést hajthasson végre…

1990 után az MH-ban a mesterlövész képességet kiegészítették a hazai fejlesztésű 12,7 mm-es Gepárd M1 puskákkal és a 7,62 mm-es (NATO) Szép-féle mesterlövész-fegyverekkel, de az SzVD továbbra is a tűztámogatás alapeszköze maradt. A rendszerváltás utáni missziókban az SzVD elengedhetetlennek bizonyult a sivatagi és hegyi körülmények között. Bár a 2000-es évektől kezdve sok váltótípus jelent meg kis darabszámban a különleges rendeltetésű, illetve a felderítőegységeknél és -alegységeknél, az SzVD még mindig szolgálati idejét tölti a lövészalakulatoknál. A környező országokban az ezredforduló környékén kivonták és modernebb típusokkal váltották fel.

A Komondor Szolgálatnál a PSzO–1 típusú távcsöveket részlegesen szétszerelték, és a szállemezt 100 méteres belövési távolságon rögzítették. Erre azért volt szükség, mert a konstrukciós problémák miatt a magassági állítódob forgatásakor több esetben az oldaldob is elállítódott.[9]

1996-ban jóvátétel fejében Magyarország 100 darab SzVD, SzVD-M távcsöves puskát és több tízezer darab mesterlövész lőszert kapott. Ezt a készletet az akkori Határőrség raktáraiban helyezték el, kiosztásra nem került, a lőszert

[7] Minute Of Angle: szögpercben mért pontossági érték, amelyből jól meghatározható egy adott lőtávolságon egy eszköz pontossága. Jelen esetben a 2,5–3 MOA pontosság 100 méteren 7,3–8,7 cm közötti elméleti szórást jelent, ugyanez 800 méteren 58,2–69,8 centiméter.

[8] A témában kifejezetten járatos mesterlövésszel konzultálva ezt az értéket forráskritika illetheti, mivel elmondása szerint precíziós céltávcső és a 7N14 lőszer együttes használata sem eredményezett 1,55 MOA (4,5 cm) alatti szórást 100 méteren.

[9] A Komondor Szolgálatnál mesterlövészként szolgáló szakértő szíves közlése alapján.



7. ÁBRA. SzVD Picatinny sínrendszerre adaptálva, modern mesterlövész optikával, a 2025-ös 12. MH Mesterlövész Kupa során (Fotó: Rácz Tünde / HM Zrínyi Nkft. fotóarchívuma)

géppuskalövészethez használták fel. A 2000-es években körülbelül 15 darab öntöltő és 50 darab ismétlőre átalakított fegyver került civil kézbe sportlövészeti és vadászati célra.

A MESTERLÖVÉSZET JÖVŐJE

Az SzVD konstrukciója felett az öt évtizedes szolgálat után eljárt az idő, amit elsősorban a modularitás hiánya és az oldalsó fecskefarkos szereléksín elavultsága okoz, amelyre csak a szovjet eredetű irányzékok szerelhetőek fel. E megoldások korlátozzák a modern, nehéz éjjellátó és hőképalkotó modulok stabil rögzítését. Az orosz hadiipar válasza a problémára a modernizált SzVD-M változat, illetve a koncepcionálisan új SzVCS (Csukavin mesterlövészpuskája, GRAU-indexe 6V14.), amely függesztett belső szerkezetével és felső merev sínjével küszöböli ki a felmerült hiányosságokat.

Az MH-ban a képességbeli váltást a nyugati platformok megjelenése jelzi: a különleges műveleti egységeknél rendszeresített amerikai M110 öntöltő puska és a forgózáras Mk–13 Mod 5 már a modern, 0,5–1 MOA közötti pontossági elvárásokat teljesíti a korszerű, precíziós NATO STANAG lőszerekkel. A jövő meghatározó kalibere lehet a .338 Lapua Magnum, amely áthidalja a szakadékot a közepes (7,62×54R mm-es és NATO STANAG 7,62×51 mm-es) és a nehéz (12,7×107 mm-es és NATO STANAG 12,7×99 mm-es) fegyverek között. A hazai fejlesztési trendek, mint a Gestamen-projekt, szintén a NATO-szabványú Picatinny-sínek és a multikaliber-kialakítás felé mutatnak. A meglévő SzVD-állomány sorsa a lőszabatossági vizsgálat utáni szelektív modernizáció (korszerű optika és sínrendszer) lehet, elsősorban a területvédelmi tartalékos egységek szakasztámogató feladataira optimalizálva. A Magyar Rendőrségnél objektumvédelmi fegyverként tartják nyilván.

Sajnos az összes szolgálatban lévő fegyver esetében elmondható, hogy a tartozékok állapota jelentősen leromlott, vagy azok elvesztek, így a megfelelő karbantartás nehézkes. Ezenfelül természetesen az eszközök és az optikák is elhasználódtak a szolgálat hosszú évei alatt. Ennek ellenére az alakulatoknál fellelhetőek nagyon jó állapotú darabok is.

Az SzVD öt évtizedes szolgálata alatt a hazai haditechnikai kultúra ikonikus részévé vált. Ez az első öntöltő precíziós eszköz a magyar haderőben, amely generációkon keresztül szerettette meg a precíziós lövészetet a katonákkal, akik ezt odaadó gondoskodással hálálták meg. Ezek az eszközök, bár megérdemelnék már a nyugdíjba vonulást, szép számban még mindig hadra fogható állapotban vannak, és továbbra is rendületlenül szolgálják a Magyar Honvédséget. ■



8. ÁBRA. SzVD NSzP-2 éjszakai lövészirányzékkal (Fotó: Rácz Tünde / HM Zrínyi Nkft. fotóarchívuma)

HIVATKOZÁSOK

[1] A 7,62 mm-es Dragunov távcsöves puska anyagismereti és lőutasítása. Löfe/109. A Honvédelmi Minisztérium kiadása, 1978.
[2] Юрий Пономарёв, “Рождение легенды”, Калашников. Оружие, Боеприпасы, Снаряжение 16, no. 10 (2015): 16-23.
[3] Юрий Пономарёв, “Рождение легенды Часть II”, Калашников. Оружие, Боеприпасы, Снаряжение 17, no. 1 (2016).
[4] Юрий Пономарёв, “Рождение легенды Часть III”, Калашников. Оружие, Боеприпасы, Снаряжение 17, no. 2 (2016).
[5] Юрий Пономарёв, “Рождение легенды Часть IV”, Калашников. Оружие, Боеприпасы, Снаряжение 17, no. 4 (2016).
[6] Юрий Пономарёв, “Рождение легенды Часть V”, Калашников. Оружие, Боеприпасы, Снаряжение 17, no. 5 (2016).
[7] Юрий Пономарёв, “ Снайпер и СВД”, Калашников. Оружие, Боеприпасы, Снаряжение 17, no. 6 (2016).
[8] Михаил Драгунов, “Две легенды. 60-летний юбилей снайперской винтовки Драгунова (СВД)”, Калашников. Оружие, Боеприпасы, Снаряжение 24, no. 3 (2023).
[9] Az 1976. november 25-én tartandó RB ülés forgatókönyve Rendszeresítésre javasolt eszközök és anyagok. Hadtörténelmi Levéltár. MNVK 5. Csoportfőnökség. VIII. 84. 201. doboz 462. őrzési egység.

TÓTH FERENC*

JEGES ÁRVIZEK ELLENI VÉDEKEZÉS BOMBÁZÁSSAL I. RÉSZ



Összefoglalás: *Hetven évvel ezelőtt a Dunán több száz kilométer hosszan állt a jég. A jeges árvíz elhárítása érdekében repülőgépekkel bombázták a feltorlódott jeget, hogy felszabadítsák a folyót. A beavatkozás azonban nem akadályozta meg a katasztrófát: a gátak több helyen átszakadtak. Öt ember vesztette életét, köztük két, a védekezésben részt vevő katona. Azóta nem hajtottak végre jégbombázást Magyarország területén, így ez a módszer a védekezési szakterület perifériájára sodródott. A hazai és külföldi jégbombázások kronologikus bemutatása lehetővé teszi, hogy megismerjük ezt az egykor hazánkban is alkalmazott védelmi technológiát.*

Kulcsszavak: *vízügy, jeges árvíz, jégbombázás*

Abstract: *Seventy years ago, the Danube was covered in ice for hundreds of kilometres. In order to prevent the ice flood, the ice was bombed by airplanes to free the river. However, the intervention did not prevent the disaster: the dams broke in several places. In addition to the three drowned victims, two soldiers who participated in the defence also lost their lives. Since then, ice bombing has not been carried out in Hungary. Thus, ice bombing has drifted to the periphery of the defence field. The chronological presentation of domestic and foreign ice bombings allows us to get to know the defence technology that has ceased to exist in our country.*

Keywords: *water management, ice flood, ice bombing*

BEVEZETÉS

Sokan úgy vélik, hogy a robbantószerek csak a rombolás, pusztítás eszközei, és akik a robbanóanyagokat feltalálták, igen rossz szolgálatot tettek az emberiségnek. Ez azonban tévedés, hiszen a robbanóanyag nemcsak rombol és pusztít, nemcsak a háború, hanem a béke, valamint a környezeti károkozások elhárításának eszköze is lehet.

A Föld lakossága már a kezdetektől ki volt téve a természeti erők veszélyeinek, ezért természetes, hogy a robbanóanyagok megjelentek a kárelhárítás területén is. Folyóink jégjelenségei az utóbbi időkben rámutattak arra, hogy – Magyarország éghajlati adottságai miatt, a jégjelenségek rendszertelen ismétlődései ellenére – a jeges árvíz veszélye nem múlt el. Műszaki beavatkozásokkal a jégjelenségek következményei nagyrészt csökkenthetők, azonban az időjárás szabályozására nincs lehetőség.

A korszerű folyószabályozási munkálatok ellenére bármikor kialakulhatnak olyan vízállási és hőmérsékleti viszonyok, amelyek hatására a beállt jég egy rövid szakaszon megindul, majd állójégbe vagy folyókanyarulatba ütközve feltorlódik, és jégdugót vagy torlaszt hoz létre. Ilyen esetekben a tervezett védekezési beavatkozások eredményessége még napjainkban is kétségessé válhat, és emiatt katasztrofális jeges árvizek alakulhatnak ki, melyek elleni védekezési eljárások tárháza igen széles, azonban a közel két és fél évszázados múltra visszatekintő jégrobbantás megragadt a legellentmondásosabb védekezési technológia szintjén. Ezen belül a jégbombázásra vonatkozó ismeretek terén még nagyobb hiányosságok és következetlenségek mutatkoznak.

A vízügyi robbantási tevékenység már több mint egy évszázados múltra tekint vissza. [1] A vízügyi szolgálatnál az 1965 és 2008 közötti időszakban összesen 48 robbantásvezető és robbantómester látta el feladatát. Munkájukat szükség esetén a honvédség, a rendőrség, valamint a megfelelő képesítéssel rendelkező polgári robbantószervezetek munkatársai egészítették ki. Az átszervezések és nyugdíjazások miatt a vízügyi robbantóállomány létszáma 2006-ra

1. ÁBRA. **Jégrobbantás a befagyott Veluwemeer tavon Hollandiában, 1963. január** (Fotó: Groenink, H. [LFFD])

* Vízügyi robbantásvezető, az Országos Vízügyi Főigazgatóság nyugdíjas szakelőadója. ORCID: 0000-0003-1200-524X

CC BY NC SA

DOI: 10.23713/HT.60.5.08

egy fő robbantásvezetőre (aki a jelen tanulmány szerzője) és öt fő robbantómesterre csökkent. A szakemberállomány jelentős fogyatkozása szükségessé tette a vízügyi robbantási feladatok és az alkalmazható technológiák történeti áttekintését, és a hazai jégrobbantási és jégbombázási gyakorlat összehasonlítását a nemzetközi tapasztalatokkal.

JÉG A FOLYÓKON

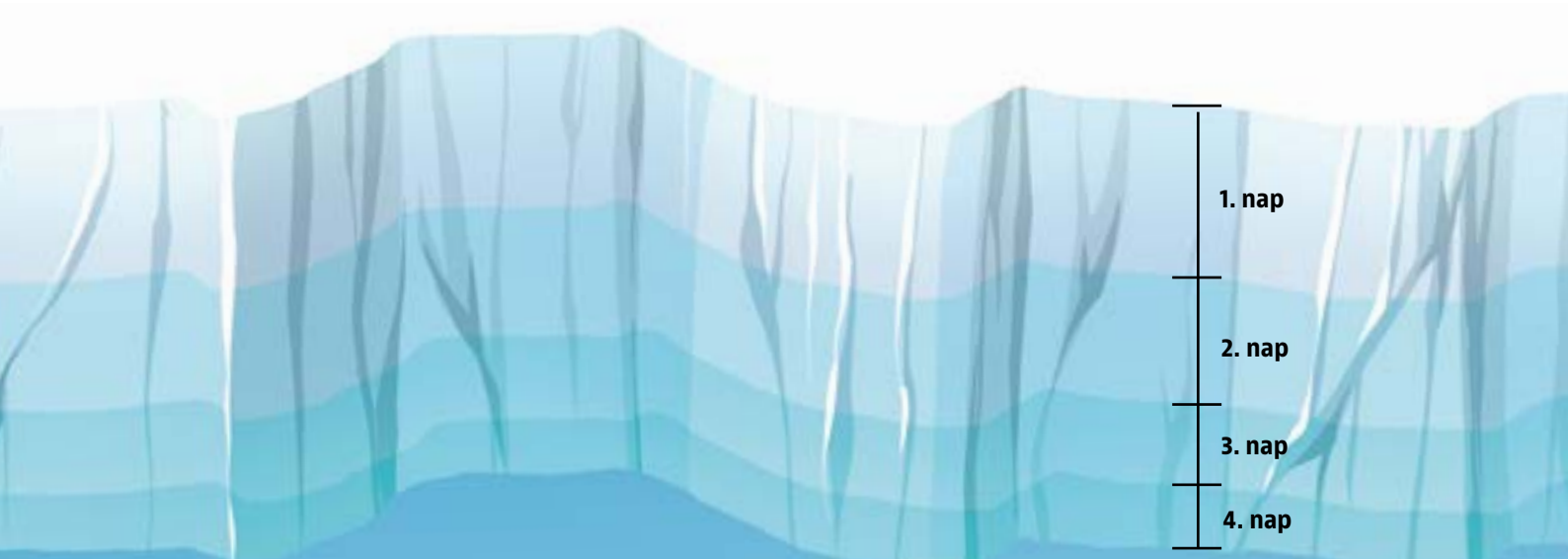
A jégzajlások és az ehhez kötődő árvizek a lakosság mindennapi életének részét képezték: a Duna, a Tisza és a földteke minden folyója, a patakok és az erek, ahogy azt az időjárás diktálta, rendszeresen befagytak. A nagyobb vizeken a jégtáblahegyek akadályozták a hajózást, a jeges árvizek pedig – elárasztva a földeket és a lakott területeket – mindent elsöpörtek. Egy jégzajlás kétségkívül mindig is látványosság volt: a nézelődők úgy érezték, hogy egy ilyen eseményt a jövő nemzedékei már nem fognak látni. Az összegyűlt tapasztalatok felbecsülhetetlen értéket képviselnek a védekezésben részt vevő emberek és katasztrófavédelmi szervezetek számára. Ők azok, akik fürkésző tekintettel figyelték a jeges árvizek kialakulását, hogy szükség esetén a megfelelő védekezési módszereket választhassák ki.

A víz az egyetlen anyag, amely a természetben mindhárom halmazállapotában megtalálható. Mindamellett egy sajátos tulajdonsággal rendelkező képződmény, amely szilárd állapotában (jég) kisebb sűrűségű, mint az olvadéka. Egy olyan anyag, amely fagypont alatti hőmérséklet idején, az állóvíz felszínén egyre vastagabb jégréteget alkot. Azonban az idő előrehaladtával a jégréteg növekedése egyre csökken, mivel a kialakuló jégpáncél hőszigetelő hatása egyre inkább korlátozza a további jégképződést. (2. ábra)

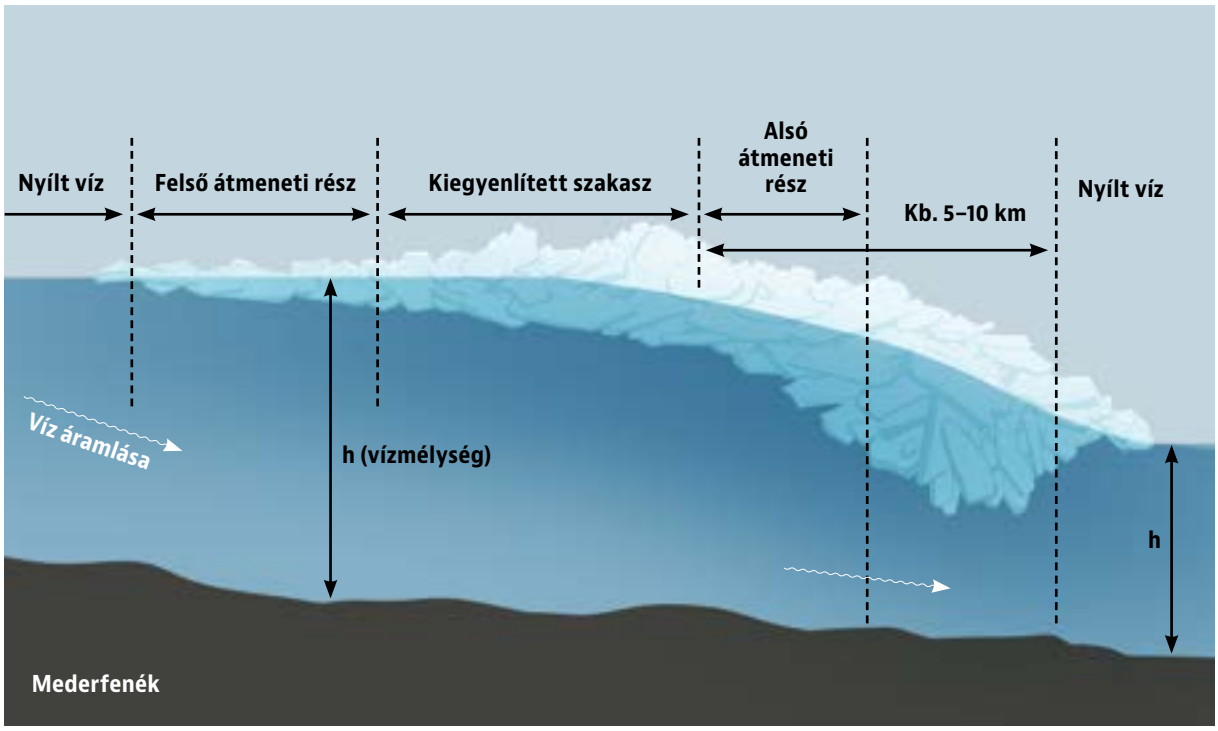
A folyókon ez a jól nyomon követhető folyamat megbomlik. Az örvénylő vízmozgás miatt a jégképződés teljesen eltér az állóvizeken kialakultaktól. Itt ugyanis nem csupán a felszín hűl le, hanem az egész víztest, így a jég képződése a szelvény bármely részén megkezdődhet. Az áramló víz felszínén foltokban megjelennek a jégkorongok (más néven palacsintajég, koronásjég), melyek mérete egyre nő, majd a folyóval együtt sodródva kitöltik a teljes vízfelületet. A víz sebességének növekedésével a meder teljes keresztmetszetében megjelenik a vízben a lebegőjég, azt követően pedig a meder fenekén a gördülő fenékjég is.

Az olvadás során megnövekedett vízhozam megemeli a víz szintjét és a teljes vízfelületre kiterjedő jeget, majd a parttól elszakítva mozgásba hozza azt. A jól megfigyelhető helyszíneken – az éles kanyarokban, a nagyobb mederakadályokban és a szabálytalan szűkületekben – a sodródó jég elakadhat. Kevésbé lehet figyelemmel kísérni a sekélyebb (pl. a Duna egyes szakaszai), zátonyos részek torlaszképző hatását. A teljes vízfelületet befedő jég felgyorsul a vízzel együtt a zátonyok felett. Ennek következtében a víz felszíne – vele együtt a felszínen úszó jég – lejjebb süllyed. Ezt a jelenséget az áramlástechnikában csatornahatásnak, a hajózásban – kevésbé elterjedt kifejezéssel – guggolásnak (squatting) nevezik. A jég csak szétszakadozva képes követni a megnövekedett vízsebességet. A víz sebessége csökken a zátony felett elhaladva, és a csökkenéskor töredezett jég újra összezáródik. A kezdeti halmazsűrűséget azonban nem tudja elérni, mert a töredezés közben kialakult térközöket a jég már nem mindenhol tölti ki. A térközökkel összefagyott jégtömbök térfogata így nagyobb lesz, mint töredezés előtt. Az ismétlődő folyamatok miatt a jég vastagsága egyre növekszik, és ennek okán kiszámíthatatlan helyeken is elakadhat.

A megakadt jég torlaszt képez, amely vízszintemelkedést okoz. A visszaduzzasztás hatása jelentős távolságra is érezhető a felvízen, míg az alvízen hirtelen vízszintcsökkenés tapasztalható. A torlaszok között kialakulhat jégmentes nyílt víz is, mint például 1956-ban, Tass körzetében az erőműnél. A hol megálló, hol tovahaladó, egyre növekvő torlaszok között a víz sebessége a jégmentes árvízhez képest – azonos vízhozamnál – lassabb. Jelentősebb alsó



2. ÁBRA. **A jég kialakulása állóvíz felszínén**
(A szerző rajza alapján készült illusztráció)



3. ÁBRA. **A jégtorlasz kialakulása az áramlás akadályoztatása esetén** (A szerző rajza alapján készült illusztráció)

torlasz beállása esetén a víz sebessége a két torlasz között egészen lelassulhat. (Az ehhez hasonló akadozó árvizeket a lengyel zsargonban „embóliaárvíznek" nevezik.)

Szélsőséges esetekben a torlaszok óriásira duzzadhatnak és akár a meder alját is elérhetik. A tudomány jelen állása szerint a gyakorlatban is végrehajtható védekezések: az elérhető helyeken földmunkagépekkel, a nehezen megközelíthető helyeken pedig jégrobbantással vagy a jég bombázásával végezhetők el. 1789. január 17-én (a napjainkban Franciaországhoz tartozó) Mülhausennél[1] az Ill vízfolyáson átívelő hidat hatalmas, két és fél méteres jégtömbök döngették. Ennek védelmében alkalmazták először a jég robbantását, majd a jeges árvizek megelőzésére egyre gyakrabban vetették be ezt a módszert. Azonban mivel minduntalan komoly akadályként jelentkezett a robbanóanyagok jégre szállítása, egyre többen gondolták úgy, hogy a repülőgépek alkalmazásával talán megoldható a különleges ismereteket igénylő kihívás.

JELENTŐSEBB JÉGTORLASZBOMBÁZÁSOK AZ 1956 ELŐTTI JEGES ÁRVIZEK IDEJÉN

1920-ban a Maryland állambeli Susquehanna folyón az olvadás előtt 83 napon keresztül állt a jég. Közben a torlaszok összefagytak, és 4,8 méter vastagságúra növekedtek. Március 10-én Havre de Grace-nél – mint pár évvel korábban Európában, a francia fronton – mintegy 30 darab 112 és 230 kilogramm tömegű bombát oldottak le repülőgépekről a befagyott folyó felett, amelyek részben ugyan megtörték a masszív jégdugót, de az ismét elakadt. Ezt követően négy mérföldre Port Deposittól négy óriási, 500 kilogramm tömegű bombával támadták a folyón fennakadt jeget. Ennek eredményeként a jég mozgásba lendült.

A jégtorlaszok bombázása ezután már nem volt újdonság. 1929-ben a kanadai South Saskatchewan folyó felett is megkezdődött a jég bombázása. Egy Fairchild 71 típusú repülőgépről dobtak robbanótölteteket a jégre, ami ugyan sok jégdarabot és elhullott halat eredményezett, de nem gyorsította fel a jég felszakadását. [2]

Magyarországra 1940 elején igencsak fagyos (-33 °C-os) hőmérséklet köszöntött be. A Dunát vastag jégpáncél borította. Február elején már világossá vált, hogy a Budapest alatti Duna-szakaszokon a jég akadozva sem fog leúszni.

Ekkor még a fiatal magyar légierőnek sem gyakorlata, sem tapasztalata nem volt a jégrobbantás technikájáról. A hazai légierő legkorszerűbb, Junkers Ju 86 K-2 típusú gépei összesen 271 db (más adatok szerint 140 db) 50 kg súlyú bombát dobtak le az Ercsitől északra kialakult jégtorlaszra. [3]



4. ÁBRA. **Ju 87 Stuka egy hollandiai repülőtéren** (Fotó: NIMH / Wikimedia)

[1] 1789-ben szabad és független kálvinista köztársaság volt, Stadtrepublik Mülhausen néven, amely a Svájci Konföderációhoz kötődött.

A hét repülőgéppel végrehajtott bevetés teljesítménye ellentmondásosnak tűnik. Valójában csak az akcióban résztvevők jelentettek visszafogott eredményeket. A vízügy és a légierő között alig volt együttműködés. A vízügyi szolgálat szerint a bombázások nyomai ugyanott voltak, ahol előző nap is látszottak, eszerint a bombázás hatására a jég nem indult el. Erről a bevetésről sem jutott el minden hír a lakossághoz, az 1941. évi jégrobbantásokról pedig még kevesebb. Egyes újságírók ugyan el-elcsíptek egy-két információt: „Árvíz! Dunaföldvártól északra a Duna jegét húsz repülőgép bombázta" [4] – írták, de az akció eredménye ez esetben is ellentmondásos volt.

Ha a vízügyi vagy a repüléstörténeti írások részletezték volna a jég bombázásának, robbantásának szakmai fortélyait, akkor a szakmai kapcsolatok kiértékelése alapján könnyebben lehetett volna eldönteni, hogy mely védekezési módszereket, mikor és hol lehetne eredményesen alkalmazni. Azonban a közvéleményhez eljutó hírek egyáltalán nem segítettek ennek eldöntésében, hiszen – még napjainkban is – mind a szakmai, mind a civil sajtó egyetlen védekezési kifejezésmódot helyez előtérbe. „A jégtorlasz fejét kell robbantani vagy bombázni."

Nem lehet meglepődni azon, hogy a lakosság – a képviselőik úján – a védekezés irányítóitól érdeklődött arról, hogy a Duna jegének bombázása a helyes módon – azaz a folyásirányban alulról felfelé haladva – és időben kezdődött-e meg. [5] Csakhogy a jég bombázását – valamint a jég robbantását is – sokkal több befolyásoló tényező határozza meg. Egy több száz kilométer hosszúságú torlaszos jégtakaránál igencsak sok torlódás sorakozik fel egymás után. Ezek a torlódások – és így a jégdugók is – óráról órára változtatják helyüket. A jég vastagsága mind hossz-, mind keresztirányban szélsőséges vastagságot érhet el. Leggyakrabban nem lehet tudni, hogy a jég alatt mekkora a víz mélysége, ha egyáltalán van víz a jég alatt, és a jég nem a meder fenekére ült fel. Belátható, hogy a jártasság hiánya nagyban befolyásolja a védekezés sikerét.

Németországban a légi harcokról szóló tudósítások foglalták el a napilapok címoldalát. Bár akkoriban nem volt helye a negatív híreknek, a sorok között mégis megemlítették, hogy a Duna partján fekvő, bajorországi Pfelling körzetét 1941. január 27-én árvíz sújtotta. A jégen korommal rajzolt nagy körök jelezték a robbantandó célpontokat. Az előírt időben minden lakos összegyűlt a falutól északra levő dombon, ám a bombákat mégsem dobták le. Két nappal később a mintegy 20 km-rel távolabb elterülő Deggendorf körzetében a pontosabb célzás érdekében már Ju 87 Stuka (Sturzkampfflugzeug) repülőgépekkel dobtak le három 250 kg-os bombát nyolc másodperces gyújtáskésleltetéssel. A robbanások ugyan 10–15 méteres lyukakat szakítottak ki a jégből, és a detonáció hatására a torlasz nagyot rázkódott, az összeállt jég azonban meg sem mozdult. Másnap, január 30-án újabb nagy területeket jelöltek meg koromkörökkel, amelyeket aztán még nagyobb bombáknak kellett volna célba venniük, ám a bajor belügyminisztérium aznap délután letiltotta a bevetést.

Ugyanezen a télen Hollandiát víz alatt álló házak, elöntött földek, homokzsákgátak és német katonák jelenléte uralta. A Luftwaffe megpróbálta repülőkről ledobott bombákkal megbontani a Rajna legnagyobb hollandiai mellékfolyóján, a Waal torkolatánál felgyülemlett jeget. Az 50 m magasból ledobott 20 db 200 kg-os bomba azonban nem törte szét az akkor még szilárd jégpáncélt, csak lyukakat ütött rajta. [6]

E beavatkozásoknak tehát jelentős eredménye nem volt. Ráadásul – bár légibombázásra, mint mindenütt – csupán kedvező látási viszonyok között kerülhet sor, a célzás esetleges pontatlansága veszélyt jelent a szabályozási művek-



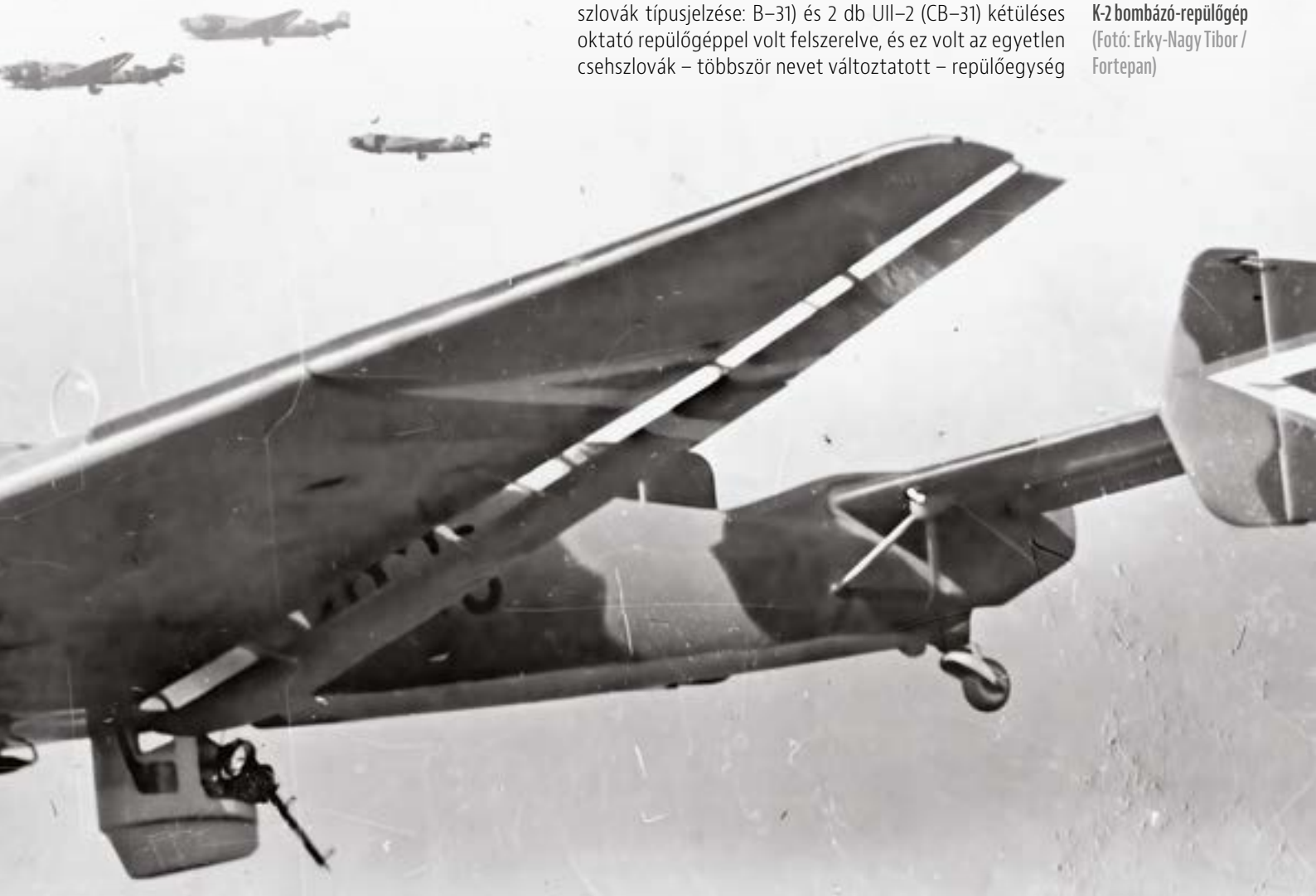
re, a folyó közvetlen közelében lévő árvédelmi gátakra és a településekre. A Hollandiában történtekkel kapcsolatban a katonai szakértők megjegyezték, hogy a jégtakarót átütő, a mederbe fúródó, fel nem robbant bombák az eltávolításukig veszélyeztették a hajózást.

Bulgáriában 1942. március 4-én Vidin dunai kikötő- és határváros az addigi legsúlyosabb áradást szenvedte el. A jégtorlaszt Dornier Do 17 vagy Avia B–71 repülőgépek derekasan bombázták, mégis heten megfulladtak, 19 000 embert pedig ki kellett menekíteni az elöntött területekről.

1944. március 20-án az Amerikai Egyesült Államokban újra a légierőtől várták a megoldást. Brud Foster, Fred Cook és Ted Filbrand polgári pilóták Rapid City légierő kiképzőbázisáról (ma Ellsworth Air Force Base) felszállva egész napi bevetés során harminc darab 50 font (22,6 kg) tömegű bombát dobtak le a Yellowstone folyóra – korlátozott eredménnyel. Másnap Richard F. Ezzard őrnagy és tízfős legénysége megismételte a bevetést, és egy B–17-es bombázó-repülőgéppel 12 250 font (5,5 tonna) tömegű bombával kísérletezett Miles City közelében, amelynek hatására a folyó vízszintje közel tíz métert zuhant! [7] Mindezeket megelőzően két helyi – röplapszórással foglakozó – pilóta egy kis repülőgéppel a befagyott folyó fölé szállt, és ledobott egy pár 50 font tömegű házi készítésű bombát, amelyek aztán a jégtorlaszon ugyan felrobbantak, de sajnos nem volt hatásuk. Így történt, hogy az Egyesült Államok repülőgépei a saját területüket bombázták… [8]

Magyarország szomszédságában a háború után a téli időjárás ismét a háborítatlan természettel civakodott. A csehszlovák beszámolók szerint Pozsonynál 1947. december 18-tól 1948. március 17-ig, vagyis szinte a teljes téli időszakban, folyamatosan jég borította a Dunát. A fentről érkező jégtáblák közel tizenkét kilométer hosszúságban torlódva március 14-én – az azóta is legmagasabb jeges tetőző 924 cm-es pozsonyi vízállást elérve – megálltak. Az újjáéledő csehszlovák légierő Il–2 típusú csatarepülői a trencsénpüspöki (Trenčianske Biskupice) bázisról felszállva 250 kg tömegű bombákat dobtak a jégtakaróra, ennek ellenére a víz túlcsordult a partokon, és nagyobbrészt Pozsonyligetfalut árasztotta el. A célok pontosabb meghatározásában is hiányosságok mutatkoztak. Egy légibomba a felső-dunai, 14/g jelű folyószabályozási kőszórásra zuhant, amely a becsapódás helyén átszakadt, az árhullám levonulása utáni helyreállítása pedig jelentős költséggel járt.

Az akciót végrehajtó csehszlovák csatarepülő-ezred komoly repülőgép-üzemeltetési nehézségekkel küzdött, mivel csupán a háborúból megmaradt 22 db Il–2M3 (csehszlovák típusjelzése: B–31) és 2 db UIl–2 (CB–31) kétüléses oktató repülőgéppel volt felszerelve, és ez volt az egyetlen csehszlovák – többször nevet változtatott – repülőegység



5. ÁBRA. **Junkers Ju 86 K-2 bombázó-repülőgép** (Fotó: Erky-Nagy Tibor / Fortepan)

jó pár éven keresztül. A szervezeti felállásnál még rosszabb volt – a háborús elhasználódásból adódóan – a repülőgépek műszaki színvonala. A szovjet és csehszlovák gyártású Il–2-esek állapotát értékelő szovjet bizottság a nagy részüket már 1946 nyarán repülésképtelennek találta, mert ezekhez a repülőgépekhez még rétegelt falemezt is felhasználtak. Végül úgy döntöttek, hogy ha a pilóták óvatosak – vagyis nem végeznek hirtelen manővereket –, nem következhet be baleset. Ellenkező esetben fennállt annak a veszélye, hogy a csehszlovák légierő egyetlen harci ezrede repülőgép nélkül marad.

1951. március 29-én a már említett South Saskatchewan folyó áttörte a gátakat és elárasztotta a környező mezőket. Medicine Hat város vezetősége a Kanadai Királyi Légierőtől (RCAF) kért segítséget. A kanadai vegyes légikiképzőközpont (CJATC) védekezésben történő alkalmazásával egyetértettek. Azonban a parancsnokság felhívta a figyelmet arra, hogy a bombázás eredménye eléggé kétséges, bár a kiürítés miatt emberek nincsenek veszélyben, továbbá a bombázás súlyos károkat okozhat a környezetben, és az esetleg ennek hatására előálló újabb torlódások még nagyobb veszélyhelyzetet teremthetnek. Az ebből adódó potenciális károkért pedig az RCAF nem kívánt felelősséget vállalni. A város vezetősége, így a tartományi kormány is, tudomásul vette a közlést. A bombázás előkészítésére tett erőfeszítéseket ezzel máris befejezettnek tekintették. A döntés kínos lehetett az RCAF részéről, mert a meghiúsult bevetést meghátrálásnak vélték.

Pár nappal később két P–51 Mustang vadászrepülőgép 500 fontos (kb. 227 kg) bombákkal és egy B–25 Mitchell közepes bombázó-repülőgép négy bombával támadta az itt kialakult jégtorlaszt.

Megfigyelték, ha a gyújtási rendszer rövidebb idejű, akkor a robbanás hatása nagyobb – így a jég jelentősen meg is repedt, bár még mindig nem úszott tovább. A legnagyobb torlódást továbbra is egy hosszabb szakaszra kiterjedő jég fogta össze, amelyre a Mustangok újabb 3000 font (kb. 1,36 t) tömegű bombát dobtak le. Ennek ellenére a jégtorlódás még ezután sem mozdult el a helyéről.



6. ÁBRA. **A csehszlovák légierő Avia B-33-asai (az Il-10 helyi gyártású változata) repülés közben** (Fotó: Umeyou / Wikimedia)

BOMBÁZÁS AZ 1956-OS JEGES ÁR ELLEN

Védekezés a Duna magyarországi szakasza felett fekvő országokban

Az 1955–56-os tél kezdetén egyenletesen csökkent a hőmérséklet, januárban még mindig 2 °C-kal melegebb volt a hőmérséklet az átlagnál. Ezt azonban hatalmas hőmérséklet-csökkenés követte. Február 1-jén -16 °C, majd február 2-án -20 °C volt a legalacsonyabb hőmérséklet egész Nyugat- és Közép-Európában. Február végén a Dunán és az összes mellékfolyóján egyszerre indultak meg az árhullámok. Az időjárás enyhülése a legkedvezőtlenebb irányból, nyugatról kezdődött. A felső-dunai árhullám megjelenésekor a magyar síkságon még fagypont alatti hőmérséklet uralkodott, miközben a Duna középső szakaszán 1 600 km összhosszúságú – szakaszokban álló –, igen kemény, sok helyütt 1 méternél vastagabb jégtakaró alakult ki, és az szűnni nem akaróan, mozdulatlanul állt.

Február 3-án a természet már a korlátait feszegette. A Felső-Dunán – a Németország és Ausztria határát képező folyón –, az Erlau torkolata felett egy jégtorlasz 13 kilométer hosszúságúra növekedett. A torlasz felett kialakult árhullám veszélybe sodorta Erlau városának lakosságát. A jégtörésre kirendelt két jégtörő hajó beszorult a jégbe, a vízügyi szolgálat és a katonai csapatok több napon át eredménytelenül kísérleteztek a hajók kiszabadításával sorozatrobbantások segítségével. Csak 19-én, az időjárás enyhébbre fordulásával sikerült végre a jégtörőknek áthatolniuk a mögöttük bezárult jégen. Bár csatlakozott hozzájuk egy újabb hajó, az egyik ekkor megsérült, a jégben szabaddá tett csatornát pedig újból elzárták a partról leváló jégtáblák. Ismét megkísérelték az elzáródott nyiladék felszabadítását robbantással, ám ezúttal sem értek el eredményt. Arra a következtetésre jutottak, hogy „robbantással nem lehet gyors eredményt elérni, mert ha a nagy tömegben lerobbantott jég nem úszhat le, az újra összetorlódik és összefagy". [9]

Bombázásra a Felső-Duna szakaszon nem volt lehetőség. Ennek hiányában az osztrák–német határnál lévő passaui Kachlet vízlépcső felvízi oldalán keletkezett jégtorlaszt tüzérségi beavatkozással próbálták megbontani. Annak ellenére, hogy időzített és érintésre robbanó lövedékeket is használtak, érdemleges eredményt nem hozott, sőt a jégről visszapattanó lövedékek a környékbeli településeket komolyan veszélyeztették. [10]

Nem sokat kellett várni: február végén, március elején a jég az osztrák területről Pozsonyba „költözött", ahol azonban az álló, összefagyott jégtakaró szintén megakadályozta a víz lefolyását. Ekkortól a magyar vízügyi szolgálat már figyelemmel kísérte az árhullám megjelenését, és március 3-án két óra után pár perccel az OVF-ÁKSZ[2] Dégen Imre kormánybiztos utasítására a dunai igazgatóságok részére elrendelte a III. fokú árvízvédelmi készültséget. Ezzel egyidejűleg bevonták a felkészülésbe a honvédség műszaki alakulatait jégrobbantások végrehajtására, és

[2] 1947-ben hozták létre az Árvízvédelmi Készenléti Szervezetet (ÁKSZ), amely 1963-ban az országos ügyelet és a szakmai csoportok (így a vízügyi robbantási feladatok) kibővítésével hivatalosan is az OVH része lett: Országos Vízügyi Hivatal – Árvízvédelmi és Belvízvédelmi Központi Szervezet (OVH-ÁBKSZ). A 3/1968. (V.É. 3.) OVF iktatószámú utasítás alapján 1968-tól ismét önállóvá vált az Árvízvédelmi és Belvízvédelmi Központi Szervezet (ÁBKSZ), mely jelen tanulmány szerzőjének munkahelye volt. 1996. november 1-től Árvízvédelmi és Belvízvédelmi Központi Szervezet – Közhasznú Társaság (ÁBKSZ Kht.) néven működött tovább, melyet 2008. december 31-én jogutód nélkül felszámoltak.



7. ÁBRA. Az RCAF P-51 repülőgépe (Fotó: Corsair133693 / Wikipédia)

lehetőség szerint igényelték a légierő bevetését is a jégtáblák és torlaszok bombázására.

Mivel a felső, osztrák szakaszon dolgozó jégtörő hajók mögött bezáródott a jég, így semmiképp sem tudtak volna az árhullám előtt lejjebb jönni. Pozsonytól lefelé pedig a Dunán még nem voltak ilyen nagy teljesítményű, jég feltörésére alkalmas hajók. Egyedüli megoldásként maradt tehát a jég robbantása és bombázása. A természet által is mozgásra kényszerített zajló jég a magyar határnál, Oroszvár környékén feltorlódott és 912 cm-re emelte a Duna szintjét. A helyzet rendkívül kedvezőtlenül alakult, különösen a pozsonyi Öreg hídnál (akkori nevén Vörös Hadsereg híd). Fennállt ugyanis a veszélye annak, hogy a több millió tonna jég nyomása elpusztíthatja vagy károsíthatja a lábazatot. Ez volt akkoriban az egyetlen összeköttetés a két part között. A víz elárasztotta az egész pozsonyligetfalui partot és a kikötőt, azonban a jégrobbantások nem vezettek kielégítő eredményre, így a csehszlovák légierő a *Duna* fedőnevű hadművelet részeként megkezdte a folyó bombázását. [11] A jeges árvíz elleni küzdelem fordulópontja március 3-án 17:15-kor következett be, amikor a 15 kilométer hosszú torlasz végül felengedett és továbbhaladt a folyón.

A helyi légierő ekkor több mint száz olyan Il–10M (csehszlovák licenc B–33) és jóval kevesebb (kb. 10–12) Pe–2 FT (csehszlovák licenc B–32) repülőgéppel rendelkezett, amelyek alkalmasak lehettek a bombázás végrehajtására. 1951-től mindkét típust a Prága melletti Čakovicében az AVIA és LETOV repülőgépüzemben is gyártották. A repülőgépek – nem részletezett, de különlegesen módosított – rombolóbombákat dobtak le a torlasz kulcsfontosságú helyeire, amelyeket úgy állítottak be, hogy a felszín alatt robbanjanak fel, és így egy nagyobb robbanáshullámmal alulról törjék fel a jeget.

Ekkor már a magyar légierő parancsnoksága is figyelemmel kísérte a bombázás eredményeit. „A csehszlovák folyószakaszon alkalmazott bevetések tapasztalatai nem sok reménnyel biztatták a hazai védekezőket. Pozsonytól délre kb. 300 × 100 m kiterjedésű sima jégtakarót bombáztak, amelynek a vastagsága helyenként a 60–140 centimétert is meghaladta. A ledobott összesen 80 darab 70 és 250 kg-os bomba a jeget nem tudta megindítani." [12; 128.]

Mértéktartó megfogalmazások szerint a jégről történő robbantások, az azt követő napokon végzett légi bombázások, továbbá a tányéraknákkal végrehajtott jégrombolások eredményei mindvégig elmaradtak a vártaktól. A bombázás és az áradás hatására a jég megindult hazánk felé. Ilyen kedvezőtlen hírek ismeretében fogtak hozzá a hazai védekezők a feladatok végrehajtásához. ■

(Folytatjuk)

HIVATKOZÁSOK

[1] A M. Kir. Földmívelésügyi Minister fennhatósága alatt álló Vízügyi Műszaki Szolgálatra vonatkozó szabályzatok és rendeletek (1913). Budapest Franklin társulat nyomdája 1913.
[2] Joost, Mathias: Canadian Aviation Historical Society (CAHS). 2009.
[3] Dóczy Lóránd: A magyar légierő árvízvédelmi tevékenysége. A magyar Mérnök és Építészegylet 1940. december 17-ei egyetemes szakülésén elhangzott előadás, megjelent a Vízügyi Közleményekben.
[4] Zalamegyei Ujság, 1941. 39. szám.
[5] Molnár Lajos a Földmívelésügyi miniszterhez az idei dunai árvíz és talajvíz pusztításairól és az árvízvédelemről. Az országgyűlés képviselőházának 189. ülése, 1941.04.02.
[6] Lászlóffy Woldemár A jégveszély elleni küzdelem az Oderán és az Elbán c. 1950-es írása szerint az Oderán, ill. I. J. Van der Kley The use of explosives for clearing ice c. 1965-ös cikke szerint a Waal folyón történt a sikertelen bombázás.
[7] A Yellowstone folyó bombázása 1944-ben; Északnyugati hadosztály, amerikai hadsereg mérnöki testülete, USACE jelentése. 2018.01.29.
[8] The Time the USAAF Bombed a US City. Sierra Hotel Blog, 2019.03.19. https://sierrahotel.net/blogs/news/the-time-the-usaaf-bombed-a-us-city?srsltid=AfmBOor9PSpNhXE3c_-EtDVjKFFhVk5hUijamFCwViP8wVDFue9BI5mY (Letöltve: 2026.04.26.)
[9] Böck, Dr. H.: A jochensteini duzzasztómű feletti dunaszakaszon [sic!] 1955–56 telén kialakult jégtorlaszok megbontásának és leeresztésének tapasztalata. Vízügyi közlemények. 1956/4, 507.
[10] Horváth Sándor: A csatornázás hatása a magyar Duna jégjárására. Vízügyi Közlemények, 1961/1, 18–19.
[11] Dugovič, Matej: Pred šesťdesiatimi rokmi zamrzol Dunaj, ľad rozbíjali výbušninami. Denník, 2016.03.03. https://dennikn.sk/385600/pred-sestdesiatimi-rokmi-zamrzol-dunaj-museli-ho-bombardovat-fotogaleria/ (Letöltve: 2026.04.27.)
[12] Csallóközi Miklós: A jeges árvíz bombázásának tapasztalatai. Honvédségi Szemle, 1956/8, 128–133.



1. ÁBRA. Egy brit Holt 75 LE-s lánctalpas traktor egy 6 hüvelykes tarackot és a rajta ülő kezelőszemélyzetét vontatja a mezopotámiai hadjárat során, 1918 körül (Fotó: Ariel Varges / Wikimédia)

FARKAS ZOLTÁN*

FÉLLÁNCTALPAS KATONAI JÁRMŰVEK I. RÉSZ

A KEZDETEKTŐL A NÉMET KÖZEPES VONTATÓKIG

Összefoglalás: *A 19. század végén az egyre határozottabban iparosodó mezőgazdaságban jelentősen megnövekedett az igény a járművek terepjáró képességének a fokozására, melyhez új járószerkezet kialakítására volt szükség. Az ennek megfelelni kívánó félláncталpas technológia természetesen hamar megjelent a katonai alkalmazásban is. Jelen tanulmány e műszaki megoldást, elsősorban a II. világháborúban kiteljesedő európai és észak-amerikai katonai alkalmazások módozatait és különböző változatait mutatja be.*

Kulcsszavak: *félláncталpas járművek, harcjárművek, II. világháború*

Abstract: *At the end of the 19th century, in the increasingly industrialized agriculture, the need to increase the off-road capability of vehicles increased significantly, which required the development of a new running gear. The half-track technology that sought to meet this requirement naturally soon appeared in military applications as well. This study presents the methods and different versions of this technical solution, primarily in European and North American military applications that were perfected during World War II.*

Keywords: *half-tracks, fighting vehicles, World War Two*

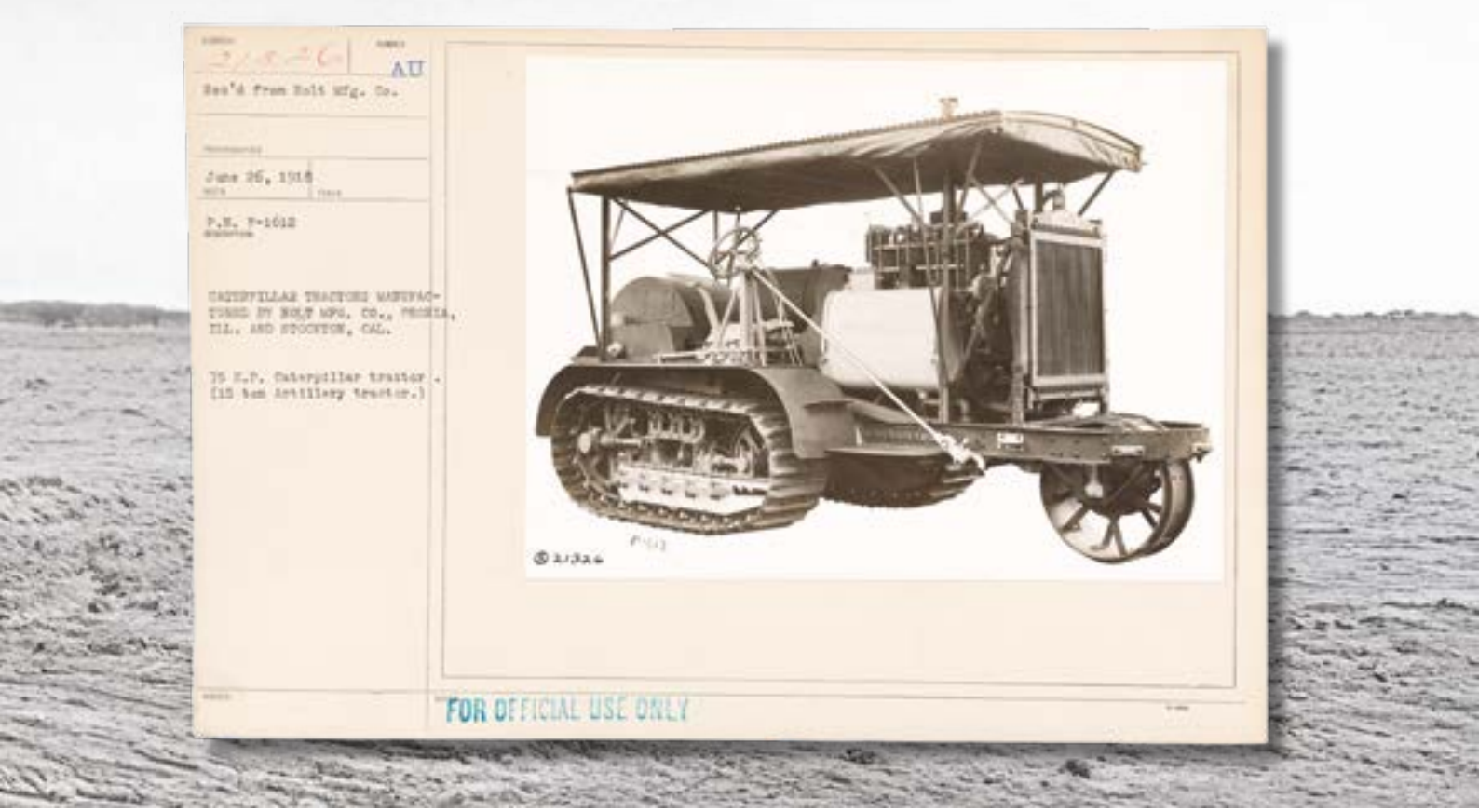
* Nyugállományú alezredes, a Zrínyi Miklós Katonai Akadémia óraadó tanára 1990–1995 között. ORCID: 0000-0002-5680-8872

A kerekes járművek a 19. század utolsó harmadában és a 20. század elején még igen korlátozott terepjáró képességgel és teljesítménnyel rendelkeztek, pedig erre a vontatás, szállítás területén egyre komolyabb igények jelentkeztek. Mindez különösen igaz volt a hadseregek vonatkozásában a csapatok anyagszállításánál és az egyes harci – kiemelten a tüzérségi – eszközök mozgatásánál. Az első alkalmazásra kész lánctalpat Benjamin Leroy Holt amerikai üzletember és feltaláló készítette el 1909-ben, amelynek a működőképességét Caterpillar traktorokon bizonyították. Egy évvel később a lánctalpas futóművet Holt–Caterpillar néven szabadalmaztatták, [1] és 1912-ben megindult a gyártás is. Az irányváltás itt még egy darab első kerékkel történt, amely a jármű sebességét figyelembe véve elegendő volt az irányításához. A későbbi változatok már első kerék nélkül készültek.

A brit hadsereg vontatóit a Holt Caterpillar Co. Inc. gyártotta 1913-ban Illinois államban, az Egyesült Államokban. Az I. világháború alatt nagyrészt 6 hüvelyknél (15,24 cm) nagyobb kaliberű ágyúk vontatására használták. (1. és 2. ábra) A motorja benzin hajtóanyaggal működött.

A hazai helyzetre kitekintve, a magyar vasgyáros, dr. Lipták Pál 1913-as tervén [2; 37.] már megjelenik a félláncталp, de itt a manőverezést két első kerékkel biztosí-

DOI: 10.23713/HT.60.5.09



2. ÁBRA. **Holt 75 LE-s, 15 tonnás tüzérségi vontató** (Forrás: U.S. NARA / Wikimédia)

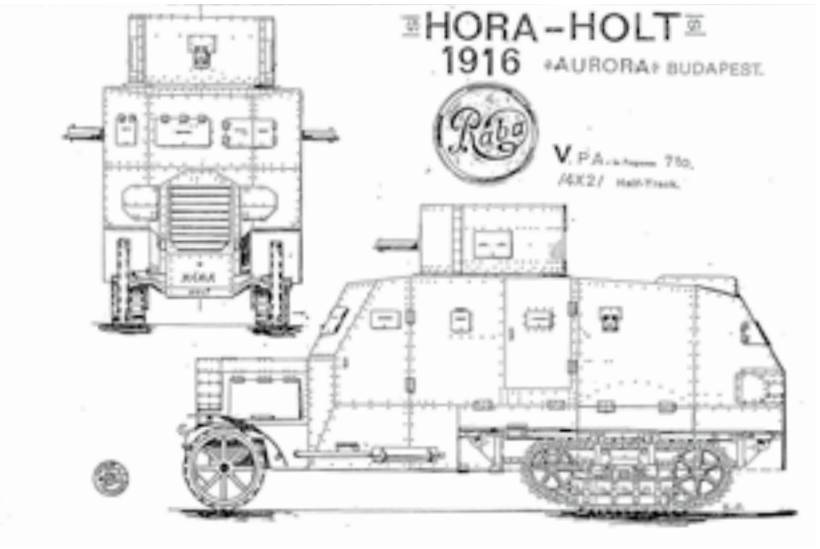
tották. 1916-ban pedig a budapesti Auróra cég a héttonnás RÁBA Vp. páncélautót (Hóra Nándor mechanikus, a Caterpillar traktorképviselet egyik műszaki vezetőjének a terve nyomán) ún. Hóra–Holt futóművel készítette el. [3] (3. ábra)

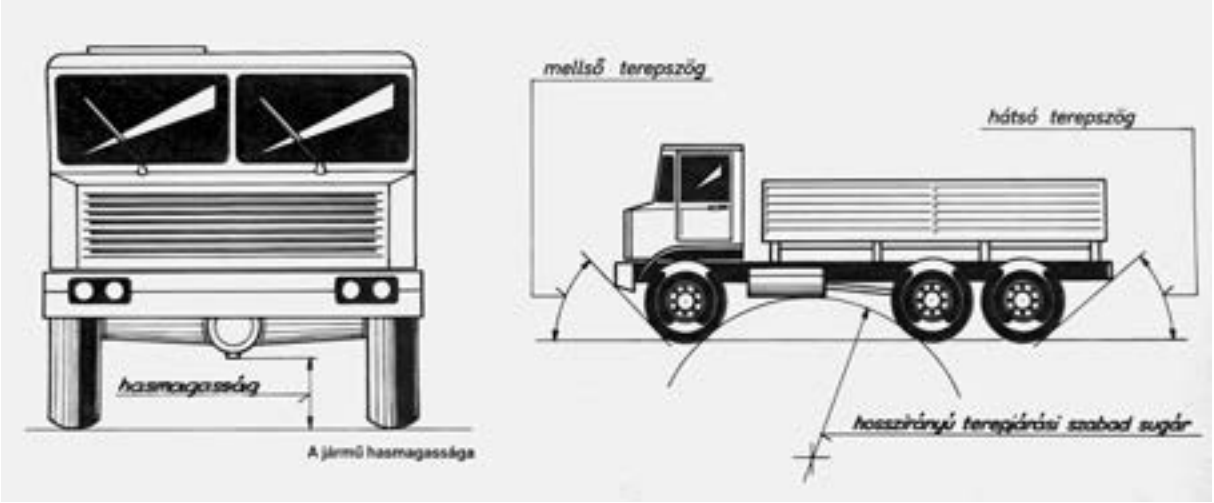
A következő kezdeményezés szintén Hóra Nándor nevéhez fűződik: egy Praga típusú tehergépkocsin alakította ki a félláncталpas járószerkezetet az Osztrák–Magyar Monarchia hadseregének részére, de az elkészült jármű az érdeklődés hiányában megmaradt a prototípus szintjén. [1] Felismerve a lánctalp terepi mozgásra való alkalmasságát, a technológiát először traktorokon, majd a haditechnika területén elsőként az angol Mark I harckocsin használták.

A katonai gépjárművek alkalmazhatóságának egyik elemi feltétele a terepjáró képesség biztosítása, ezért a konstruktőröknek számos alapvető és járulékos műszaki feladatot kellett megoldaniuk. A terepen való haladás feltételei között szerepel a megfelelő technikai kialakítás, a hajtómotor optimális teljesítménye és az összkerékhajtás megléte. A felszín sokfélesége, a talaj szerkezeti tulajdonságai, valamint az azt borító növényzet mind befolyásolja a mozgást, de a járműnek a szilárd talajon való előrehaladása mellett biztonsággal alkalmasnak kellett lennie mind a hegyes, a homokos, a mocsaras és a havas felszínen, mind az emelkedőkön, a lejtőkön és az oldalra dőlő terepen történő helyváltoztatásra.

Anélkül, hogy e mozgásokat részletesen taglalnánk, fontos megjegyezni, hogy a talaj szerkezeti tulajdonságai alapvetően határozzák meg annak teherbíró képességét és nyírószilárdságát, valamint az arra átvihető vonóerő nagyságát. Ilyen értelemben a két szélsőségesen nehezen járható talajtípus a száraz homok és a felázott agyag. Az előbbi a laza szerkezete miatt a terhelést csak kis mértékben képes felvenni, míg az utóbbi ugyan tömör, de a nyírószilárdsága kicsi, így a kerekek a száraz talajhoz képest sokkal kisebb vonóerőt tudnak kifejteni, ezért kipörögnek. [1] Fontos tényező a terepjárás szempontjából a hasmagasság (vagyis a sík talajon álló jármű legalacsonyabb szerkezeti pontja és a talaj közötti távolság) és a fordulékonyság is. A mellső terepszög jelentősége az, hogy a jármű felépítménye az akadályra való felhajtáskor ne ütközzék vele azelőtt, hogy a kerék gördülni kezdene rajta. A hátsó terepszög esetében pedig – az előbbihez hasonlóan – a tereptárgyról történő lehajtáskor ne alakuljon ki hasonló helyzet. A fentieken kívül meg kell még említenünk, hogy minél kisebb a 4. ábrán látható hosszirányú terepjárási ívsugár, annál „csúcsosabb" terepakadályt képes leküzdeni a jármű, tehát annál jobb a terepjáró képessége. A félláncталpas járműveknél ez az első kerék és a lánctalpnak (vagy a kerekes járműnél a következő tengely kerekének) a talajjal érintkező első pontja között van. [4] (4. ábra)

3. ÁBRA. **RÁBA Vp. páncélautó félláncталpas futóművel** (Forrás: Haditechnika archívuma)





4. ÁBRA. **A hasmagasság, a terepszög és a hosszirányú terepjárási ívsugár** [4]

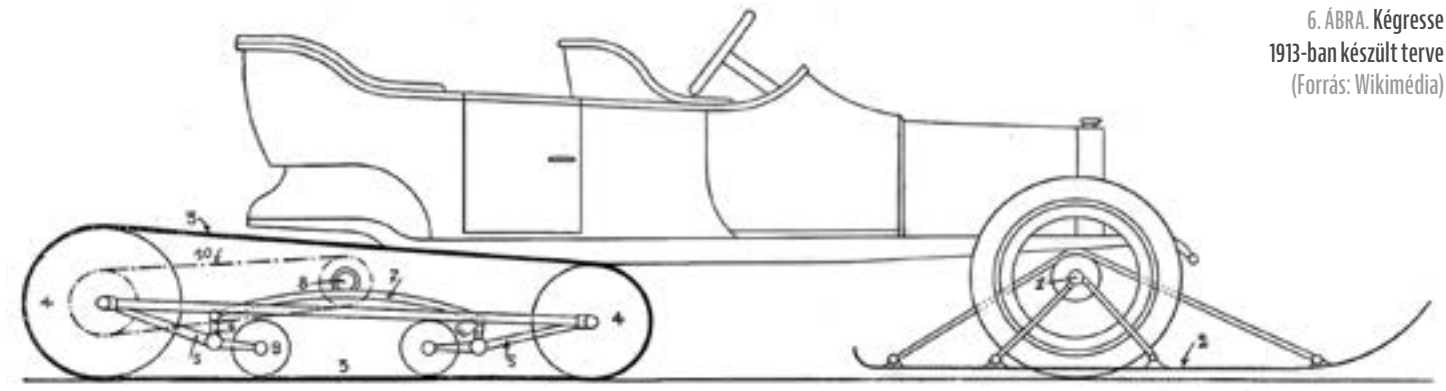
A fél lánctalpas eszközök nehéz terepen történő mozgása megbízhatóbb, mint a kerekes meghajtásúaké, hiszen könnyebben küzdik le az akadályokat, tekintettel azok nagyobb, talajjal érintkező fajlagos felületére. A harcászati-technikai adatok sorában – különösen a lánctalpasok esetében – ott találjuk a fajlagos talajnyomás értékét, amely az egységnyi talajfelületre merőlegesen ható terhelőerő. Minél kisebb ez az érték, annál kevésbé tömöríti a talajt, vagyis – leegyszerűsítve – annál kisebb a besüllyedés. (A fajlagos talajnyomás értéke mindig nulla és egy közé esik.) A kerekes járművek többségénél a talajon történő gördülés során egy ellipszis alakú lenyomat keletkezik, míg a lánctalpasok vagy a gumihevederesek esetében egy téglalapformájú területen oszlik meg a tömeg. A lánctalpas járószerkezet előnye a nagy felfekvő felület, vagyis egy azonos tömegű kerekes jármű talajnyomása nagyobb, mint a lánctalpasé, ráadásul az előbbiek esetében a fajlagos talajnyomás értékének csökkentése érdekében dupla kerekezést, több tengelyt, illetve – ahol ez lehetséges – ballonosabb gumiabroncsokat alkalmaznak.



5. ÁBRA. **Lenin Rolls-Royce Silver Ghostja Kégresse-futóművel a Gorki Leninszkije-i múzeumban** (Forrás: Maarten Dirkse / Wikimédia)

A fél lánctalpas eszközök különleges járművek. Fejlődésüket elsősorban a katonai alkalmazás segítette elő, mivel – mint láthattuk – nagyobb vonóerőt és jobb terepjárást képviselnek. Az intenzívebb fejlesztés a 20. század első felétől a II. világháborúig tartó időszakra esett. A francia Adolphe Kégresse hadmérnök egy olyan rendszert fejlesztett ki, amely a hátsó kerekek helyett egy nagyobb felfekvésű futóművet használt. E megoldást – még a cári Oroszországban – teherautókra adoptálta, de még az uralkodócsalád részére is készült egy havas időben is használható személyszállító változat. (5. és 6. ábra) A futómű gumihevederes változatban, lengőkaros felfüggesztéssel készült, és a próbák során jól vizsgázott. Kégresse az 1917-es oroszországi forradalom után visszatért Franciaországba, és a Citroën-gyárnál helyezkedett el.

A hadseregek számára ilyen fél lánctalpas járműveket fejlesztettek és gyártottak Franciaországban, Lengyelországban, valamint Németországban a Wehrmacht, az Amerikai Egyesült Államokban a US Army, illetve a Szovjetunióban a Vörös Hadsereg részére. A magyar gépipar ezen a területen az 1870-es évektől kezdődően, majd a 20. század



6. ÁBRA. **Kégresse 1913-ban készült terve** (Forrás: Wikimédia)

elején – főleg az Osztrák–Magyar Monarchiának köszönhetően – indult intenzívebb fejlődésnek, ami alapvető tényező volt a hadiipar modernizációjához. Ebben élen járt a Ganz, a Láng Gépgyár, a Weiss Manfréd Acél- és Fémművek, a Schlick-féle Vasöntöde és Gépgyár, valamint a győri Magyar Waggon és Gépgyár. [7] A Magyar Királyi Honvédség részére a Hofherr–Schrantz–Clayton–Shuttleworth Magyar Gépgyári Művek Rt. (HSCS) tervezett és készített kerekes tüzérségi vontatót. A továbbfejlesztett traktor a KVL–50-es (azaz katonai-vontató-lánctalpas) típus volt, amely 37M Hansa-Lloyd futóművel készült. 1944 végére a háború a végéhez közeledett, a hadiipar pedig már túllépett a Hofherr traktorok fejlettségi szintjén, így az végül sorozatgyártásra nem került. [5]

A következőkben – a teljesség igénye nélkül – a legjellemzőbb félláncos járműveket mutatom be a gyártó országok szerint.

NÉMETORSZÁG FÉLLÁNCTALPAS JÁRMŰVEI

Az 1930-as évektől a félláncos járművek fejlesztésében és gyártásában Németország, alkalmazásában pedig a Wehrmacht járt az élen. Az ilyen típusú – és bevált – vontatókat, teherautókat hat különböző terhelhetőség szerinti kategóriába sorolták. 1933-ban Ernst Kniepkamp a hadsereg hadianyag-hivatalának miniszteri tanácsosaként meghatározta az alapvető műszaki adatokat, és kijelölték azokat a támogató, szponzoráló cégeket, amelyek a fejlesztésekért voltak felelősek a sorozatgyártás megkezdéséig.

A félláncos vontatók terhelés szerinti besorolása a támogató, sorozatgyártó cégek nevével:

- 1 tonna: Demag (Wetter/Ruhr)
- 3 tonna: Hansa-Lloyd (Bréma), 1938-tól Hanomag néven (Hannover)
- 5 tonna: Büssing-NAG (Berlin-Oberschönweide)
- 8 tonna: Krauss-Maffei (München-Allach)
- 12 tonna: Daimler-Benz (Berlin-Marienfelde)
- 18 tonna: Famo (Breslau)

A besorolás ugyanakkor nemcsak a félláncos alpasokra vonatkozott, hanem általában a teherautók, illetve a vontatott pótkocsik terhelhetőségét is meghatározta. A járművek kategóriába sorolásánál azonban a megadott tonnaértékeknek elsősorban nem a tényleges terhelhetőséget, hanem a vontatási képességet kellett tükröznie. Így az ún. könnyű kategóriába sorolták az 1-től 3 tonnáig, közepes kategóriába az 5-től 8 tonnáig és nehézbe a 12-től 18 tonnáig terhelhető vagy ilyen vontatási képességgel rendelkező járműveket.







Videó a Kettenkrad gyártásáról

7. ÁBRA. **Az NSU HK 101 múzeumi példánya; fent balra a futómű, jobbra a vezetőtér**
(Forrás: Shutterstock)





8. ÁBRA. A nagy (Großes) Kettenkrad HK 102 egyetlen fennmaradt példánya az overlooni Militracks 2023 kiállításon (Oorlogs Múzeum, Hollandia). A HK 102-es 30 cm-rel hosszabb és 15 cm-rel szélesebb, mint a kisebb, Kettenkrad HK 101 (Forrás: Wikimedia)

A félláncтalpas járművek kormányzása összetett tervezési feladat, amit eleinte úgy oldottak meg, hogy az első kerekeket továbbra is kormánykerékkel fordították el, mint a hagyományos járművek esetén. Ha azonban a kormányt a középállásától több mint egyharmadra elfordították bármelyik irányba, akkor egy, a kormányműtől induló rudazat az adott elfordítási iránynak megfelelően működésbe hozta az adott oldali lánctalpféket is, ezzel segítve a kanyarodást. A kormányművek csigakerekesek voltak, mechanikus kormányfékrendszerrel, ahol a láncmeghajtó kerekeken mindkét oldalon azonos nyomatéknak kellett lennie. Irányváltáskor a két lánctalp fordulási sugara nem azonos, ahogy a sebességük sem. A kétoldali kimenő tengely (és maga a lánckerék) eltérő fordulatszámának kiegyenlítését volt hivatott ellátni a differenciálmű (kiegyenlítőmű), így biztosítva jobbra és balra az azonos nyomatékot. Lánctalpasoknál kevésbé állt fenn az a jelenség, hogy az egyik oldal megcsúszása miatt a kerék kipörög, a kimenő nyomaték nullára csökken, így ennek mértéke a másik keréken is nulla lesz, és a jármű nem tud elindulni. A lassítást és a megállást sűrített levegős üzemi fékrendszerrel oldották meg.

A félláncтalpas járműveket a Wehrmacht nyilvántartásában különleges gépjárművekként (Sonderkraftfahrzeug – Sd.Kfz.) tartották nyilván, és számozással látták el. [1]

Az Sd.Kfz. 2, más néven a Kettenkrad (lánctalpas motorkerékpár) HK 101 volt az első, amely ezt a típusjelet kapta, és az osztrák NSU Motorenwerke AG gyártotta Stoewerben 1941–1944 között. Az Sd.Kfz. 2/1 változat a terepen való kábelfektetésre készült, 45 kg-os kábeldobokkal, a 2/2-es típus (fekete színben) pedig nehéz terepi kábelfektetést tudott végezni 15 kg-os kábeldobokkal; az utóbbit a 350 kg-os terhelhetőségű Sonderanhänger 1 (Sd.Anh. 1) utánfutókban szállították. A lánc meghajtását a váz közepén elhelyezett, 1,5 literes, 4 hengeres, soros, vízhűtéses Opel Olympia típusú benzinmotor biztosította. A teljesítménye 35,1 LE (26 kW) volt 3400 ford./percnél, tömege pedig 1,25 tonna, amely kivitelből a Wehrmacht számára 8345 darab készült. Repülőtereken is alkalmazták a Messerschmitt Me 262 sugárhajtású vadászgépek és kisebb tüzérségi eszközök vontatására. A HK 101-et a Luftwaffe kérésére úgy tervezték, hogy az repülőgéppel is szállítható legyen. Az egyetlen és a legkisebb tüzérségi vontató volt, amely elfért a Ju 52 szállítóterében. A 0,45 tonna tömegű Pak 36 típusú páncéltörő lövegeket vontatták vele.

A vezetőn kívül még két személy kaphatott helyet a járművön úgy, hogy az utóbbiak a jármű hátulján, a menetiránynak háttal ültek. Az átlapolt futóműben a futógör-





9. ÁBRA. Opel Maultier hajt ki egy Me 323 szállító repülőgépből (Forrás: Bundesarchiv Bild 101I-559-1085-07 / Wikipédia)

10. ÁBRA. Opel-Blitz Maultier 2 tonnás félláncтalpas gépjármű (Forrás: Wikipédia)

gők torziós rugózású „Z" tengellyel kapcsolódtak a jármű házába, keménygumi futófelülettel, a lánctagok pedig gumibetétes kialakítással készültek. A lánccsapszegek a lánctagba tűgörgős csapággyal kapcsolódtak. A HK 101 70 km/óra sebességre volt képes, és utánfutó nélkül 24°-os emelkedőt is leküzdött – ha elég bátor és képzett volt a vezető –, a hatótávolsága pedig műúton 350 km volt. (7. ábra)

A gyár 1941-ben NSU HK 102 néven fejlesztette tovább a 101-est, amelyet a korábbi erőforrás helyett már 2 literes Ford L8-as vagy V8-as motorral szereltek fel. Az új változat teljesítménye 65 LE-re (48 kW) nőtt, tömege pedig elérte a 2,25 tonnát. A vezetőn kívül 4 főt tudott szállítani, de néhány kísérleti példányon túl sorozatgyártásra nem került. (8. ábra)

Az átlapolt futógörgős rendszer alkalmazását a német tervezők szerint az indokolta, hogy ezzel a lánctalp terhelése egyenletesebben osztódott el, így a teljes tömeg a lánctagok többségén eloszlott, míg a soros elrendezésűeknél a nagyobb terhelés csak azokon a lánctagokon volt, amelyekkel a futógörgő érintkezett. A 7. ábrán látható, hogy az NSU 101 (és 102) típusnál a lánctagtarajokkal közrefogott futógörgők dupla, míg a külső futógörgők szimpla felületűek. Ebben az esetben ezt a lánctalp keskenysége is indokolja (170 mm). A II. világháborúban azonban megmutatkozott az a hátrányuk, hogy a sáros, havas, vizes úton a görgők közé berakódott sár és latyak a téli hidegben megfagyott, így csak nehezen tudták mozgásképessé tenni a járművet. A „nagymacskák" (Panther Ausf. G., Tiger I., Königstiger) az orosz télben hasonló gondokkal küzdöttek: ezen harckocsiknál a külső futógörgők két futófelülete között volt a lánctag taraja, míg belül az egy futófelületű görgő futott.

Az Sd.Kfz. 3 típusú, 2 tonna teherbírású Maultier (öszvér) tehergépkocsit (10. ábra) az Opel Blitz, a Ford és a Klöckner-Deutz-Magirus gyártotta 1942–1944 között, ebből 19 692 darab készült. A Mercedes 1943–1944-ben hasonló névvel (Typ L 4500R) 1480 darab 4,5 tonnás félláncталpas teherautót készített, de az nem volt olyan sokoldalú, mint az említett kisebb (2 tonnás) testvérei. A Maultier Sd.Kfz. 4/1 lajstromszámon jegyzett változatát 15 cm-es páncéltörő ágyú vontatására alkalmazták.

A Ford kölni gyárában 1942–1944 között készített 13 952 jármű 2 tonna teherbírású volt, a hátsó dupla kerekek helyére (B, C tengely) lánctalpat szereltek. A jármű motorja 83–95 LE (61–70 kW) teljesítményű volt, és főleg a páncélos csapatoknál alkalmazták az utánpótlás szállítására és egészségügyi szolgálatra.

Az Sd.Kfz. 10 a legkisebb, könnyű, 1 tonna kapacitású félláncталpas jármű volt, amely 1934-ben már a Demagnál készült. (11. ábra) Több cég is gyártotta, úgymint a Büssing-NAG, az Adler, a Phänomen és a Saurer. Megközelítőleg 25 000 készült el belőle 1937–1944 között. Az eszközt ködösítő, mentesítő, légvédelmi és páncéltörő lövegvontatóként, illetve legfeljebb hét fő szállítására alkalmazták. A lajstromon belül 10/1-től 10/5-ig jelölték az alkalmazásuktól függő változatokat. A 10/1 típus vegyianyag-felderítő, a 10/2 típus vegyi mentesítő, a 10/3 típus permetező változat volt. A 10/4-es változatra egy 2 cm-es Flak 30 L/112,5 típusú légvédelmi gépágyút szereltek, majd ezt a modernizált 10/5 változatra épített 2 cm-es Flak 38-as típussal váltották le. A rakfelületre telepített légvédelmi gépágyúk esetén – a II. világháborúban a légvédelmi eszközök nagyobb részét ugyanis ez tette ki – a fegyverzetet kiegészítette még a 7,92 mm-es MG 34-es géppuska is. Az első változatoknál a járműnek nem volt páncélvédettsége, de ezt a későbbi változatoknál egy 8 mm-es páncéllemez ráépítésével pótolták. A nagyobb darabszámú gyártás a D7-es típussal történt, a maximális vontatmány mértékét pedig 1000 kg-ban határozták meg.

Amíg a D6-os típus benzinüzemű, négyütemű Maybach NL 38 TRKM motorja a 3790 cm³ űrtartalommal 90 LE teljesítményt adott le 2800 ford./percnél, addig a D7-es típus ugyancsak négyütemű Maybach HL 42 TRKM motorja a lökethossz 10 mm-rel történt megnövelésével 4170 cm³-re növelt űrtartalommal 3000 ford./perces fordulatszámnál 100 LE-t teljesített. Tengelykapcsolója kéttárcsás, száraz típusú volt, a Maybach Variorex SRG 102128 H sebességváltója pedig hét előre és három hátrameneti fokozattal bírt. A sebessége elméletileg elérte a 75 km/órát, de a gumibetétek nagymértékű kopása miatt ezt a kiépített úton 65 km/órára korlátozták. A láncmeghajtó kerék nem volt fogazott ezen a járművön sem, hanem a lánchoz görgőkkel csatlakozva hajtotta azt meg. A lánc szélessége 240 mm, oldalanként 41 taggal készült, a feszességét pedig az utolsó láncfeszítő görgővel lehetett szabályozni. Üzemanyag-fogyasztása műúton 38, terepen 67 liter volt. A fentebb említett D6-os típus hatótávolságát műúton 230, terepen 130 km-ben határozták meg, míg a D7-es esetében ez műúton megnövekedett 300, míg terepen 170 km-re. Mindkét járművet nyolc fő szállítására alakították ki, és a Heer, a Waffen-SS, valamint a Luftwaffe légvédelmi ütegeiben teljesítettek szolgálatot.

Az Sd.Kfz. 11 (12. ábra) a 3 tonnás terhelhetőségével még az ún. könnyű vontató kategóriába tartozott. E járművet a Hansa-Lloyd, a Borgward, a Hanomag, az Adler, az Auto Union (Horch) és a Škoda gyártotta 1937–1945 között, megközelítőleg 25 000-es darabszámban. Öt változatban készítették: a 11/1-es és a 11/4-es típust ködösítő eszközként, a 11/2-est vegyi mentesítőként, a 11/3-ast pedig permetező járműként használták. Az ötödiket, a 11/5-öst folyamatos fejlesztésekkel 150 mm-es, 3 tonna alatti páncéltörő



11. ÁBRA. **Egy Sd.Kfz. 10 2 cm-es Flak 38 légvédelmi gépágyúval a Szovjetunióban, 1943-ban** (Forrás: Bundesarchiv, Bild 101l-665-6823-11 / Wikipédia)

ágyú vontatására tervezték. A Hansa L 3500 L HL kl 5 típust a névadó Hansa-Lloyd az 1937–1938-as években gyártotta: a 3485 cm³-es benzinmotor 70 LE-t teljesített 3600 ford./percnél. A szintén benzines H kl 6 Hanomag és a Borgward által gyártott HL kl 6 típusok 1938–1939-ben készültek, és egy Maybach NL 38 TUKR hajtotta őket. A dugattyú furat/löketének növelésével a henger lökettérfogata 3790 cm³-re növekedett, a teljesítménye pedig – 2800 ford./percnél – 90 LE-re emelkedett. A Hanomag és a Borgward 1939–1944 között gyártott járműveiben lévő Maybach HL 42 TUKRM típusú motor lökettérfogata 4170 cm³-re nőtt, így 100 LE teljesítményt adott le 3000 ford./percnél. Minden motor hathengeres, vízhűtéses kivitelű volt, nyolc előre- és két hátrameneti sebességfokozattal, valamint kéttárcsás száraz tengelykapcsolóval rendelkezett. Sebessége elérte az 52,5 km/órát. Kiépített úton 100 km-en az üzemanyag-fogyasztás 45, míg terepen 75 liter, hatótávolsága pedig 110 literes feltöltéssel műúton 240, terepen 140 km volt.

Az Sd.Kfz. 6 jelű vontatót már a közepes nagyságrendű kategóriába sorolták, mivel a terhelhetősége elérte az 5 tonnát. Az alapgépet pontonok utánfutón való vontatására, valamint telepíthető hidak és egyéb műszaki felszerelések szállítására alkalmazták. Erre az alvázra szereltek egy 10,5 cm-es ágyút, amely így önjáró lövegként működött. Az Sd.Kfz. 6/1 egy 3,7 cm-es Flak 36 légvédelmi, az Sd. Kfz. 6/2 pedig egy 7,8 cm-es Pak 36-os páncéltörő ágyú vontatására került rendszeresítésre. A Büssing-NAG (BN) teherautógyár 1931-ben jött létre úgy, hogy a cég átvette az AEG leányvállalatát, a NAG-ot. A gyár 1,5–9,5 tonnás teherbírásig készítette a teherautókat mind polgári céllal, mind pedig a Wehrmacht számára. A Büssing-NAG e vontatókategóriát négyféle változatban fejlesztette és gyártotta, mindet hathengeres, négyütemű, soros, vízhűtéses, benzines Maybach motorokkal. 1935-től a BN L 5-öst a Maybach NL 35 típusú motorjával kezdték el gyártani, amely 90/90-es furat/löket-aránnyal 3435 cm³-es volt, és 3000 ford./percnél 90 LE-t teljesített. Négy sebességfokozattal rendelkezett, és három sebességváltó karral működtették. Az 1936 és 1938 között gyártott BN L 7-es és BN L 8-as típusokba már a Maybach NL 38 TR-t építették be, amelynél a 10 mm-rel megnövelt lökethosszal a hengerűrtartalom 3790 cm³ lett, a teljesítménye pedig 2800 ford./percnél 100 LE. Ennek a motornak volt még két azonos teljesítményű változata: a TUK és TUKRM, melyek nyolc előremeneti és két hátrameneti sebességfokozattal szerelt nyomatékfokozós sebességváltóval, légfékrendszerrel és csigás kormányművel készültek. Az 1939–1943 között készült BN 9 típusba a Maybach HL 54 TUKRM motorja került, de itt már megnövelték a hengerfurat/löket-arányokat 100/115 mm-re, amelytől a motor 2600 ford./percnél már 115 LE teljesítményre volt képes. Eközben a Daimler-Benz a DBL 5, a DBL 7 és a DBL 8 változatokat gyártotta.

Az elkészült járművek kéttárcsás, száraz tengelykapcsolóval, az első merev tengely keresztrugózással, míg a lánctalpas járószerkezetben a futógörgők „Z" tengellyel kapcsolódtak az alvázba. Minden futógörgő önálló torziós rugózással rendelkezett. A lánc a meghajtását elől kapta, annak feszítése a hátsó láncfeszítő keréknél történt. A lánctagok száma a BN L 5-nél és a BN L 7-nél 45 darab 160 mm-es, a BN L 8-nál 55 darab 160 mm-es, a BN L 9-nél pedig 46 darab 200 mm-es láncosztású volt 320 mm-es talpszélességgel. Hatótávolságuk kiépített úton 310–370, terepen 150–180 km között volt, és 50 km/órás sebességre voltak képesek.

Szintén a közepes terhelhetőségűek közé tartoztak a 8 tonna névleges vontatási kapacitású Sd.Kfz. 7 jelű járművek, (13. ábra) amelyek alaptípusát a 15 cm-es FH 18-as nehéz tábori tarack, a 10,5 cm-es tábori ágyú és a 8,8 cm-es légvédelmi ágyú vontatására alkalmazták. Utóbbi löveg egyaránt használatos volt légvédelmi és páncéltörő fegy-



12. ÁBRA. **Sd.Kfz. 11, a Hansa-Lloyd félláncta lpas vontató alaptípusa, álcázófestéssel** (Forrás: Bundesarchiv, Bild 101l-750-0001A-44 / Wolff, Paul Dr. / Wikipédia)



13. ÁBRA. **A Magyar Királyi Honvédség Sd.Kfz. 7-es félláncta lpas vontatója 1944-ben a 3-as úton** (Fotó: Lissák Tivadar, Fortepan 72709)

verként. Ezt fejlesztették és alakították át úgy, hogy végül a Panzerkampfwagen VI harckocsicsaládnál építették be. A 7/1 altípus a négycsövű, 2 cm-es, a 7/2 altípus a 3,7 cm-es Flak 36 vagy a Flak 38 légvédelmi ágyút hordozta.

A harmadik változata volt a 7/6-os, amelyet tűzoltó-tartálykocsiként alkalmaztak a folyékony hajtóanyagú V–2-es (Vergeltungswaffe 2) rakétához.

A vontató 8-as típusát a Krauss-Maffei, a Büssing-NAG és a Daimler-Benz gyártotta, a 9-es típust csak a Krauss-Maffei. Készült még 10-es is, amely a Krauss-Maffei, valamint a Hansa Lloyd, a 11-es pedig szintén a Krauss-Maffei, valamint a Borgward, Saurer és a Breda cégek terméke volt 1934–1944 között. Ezek összesített darabszáma megközelítőleg 12 000 volt.

A járműmotorok Maybach gyártmányúak voltak. A négyütemű, hathengeres, soros elrendezésű, vízhűtéses, benzinüzemű motorokból háromféle változatot készítettek, amelyek közül a legkisebb a Maybach HL 52 TU volt (1934–1935-ben gyártották és a KM m 8 típusba építették be). A furat/löket-viszony 100/110 mm és 5184 cm³ lökettérfogatú volt, valamint 115 LE-t teljesített 2600 ford./percnél. A KM m 9 eszközben a Maybach HL 57 TU motorja kapott helyet, ennél a furat/löket-viszony 100/120 mm volt és az 5616 cm³ lökettérfogat 1:6,5 sűrítési aránnyal 130 LE-t teljesített 2600 ford./percnél. A három közül a legerősebbet, a Maybach HL 62 TUK motort a KM m 10 és a KM m 11 típusba építették be. A furat/löket viszonya ezúttal 105/120 mm-t, a lökettérfogat pedig 6191 cm³-t tett ki, amely 2600 ford./percnél már 140 LE-t (103,7 kW) is képes volt leadni. Légfékrendszerrel, csigakerekes kormánymúvel készültek, és kéttárcsás száraz tengelykapcsolóval kapcsolódtak a sebességváltóhoz. Minden típus 8 előre- és 2 hátrameneti terepváltós sebességfokozattal rendelkezett. Az első merev tengely az alvázhoz egy keresztlaprugóval csatlakozott a KM m 8-as, 9-es és 10-es típusoknál, de a 11-esnél már két ilyen lengéscsillapítást is alkalmaztak. A lánctalp szélessége már 360 mm, az osztástávolság pedig 180 mm volt. A 8-as, 9-es és 10-es típusnál oldalanként négy belső dupla futófelületű futógörgő, míg a 11-esnél oldalanként hat dupla futófelületű görgő állt rendelkezésre. A futógörgők torziósrúd-rugózásúak voltak. Az első gumiabroncsok terepmintázatot kaptak 7,50–20-as méretben. A hasznos terhelést a KM m 8-, 9-, 10-es típusnál 1500 kg-ban, a 11-es esetében 1800 kg-ban határozták meg. Műúton 50 km/óra sebességre voltak képesek, 100 km-en műúton 80, terepen 160 liter üzemanyagot fogyasztottak, a hatótávuk pedig kiépített úton elérte a 250, míg terepen a 120 km-t. A Flak 18 légvédelmi ágyú vontatójának kezelőszemélyzete 11 fő volt. ■

(Folytatjuk)

HIVATKOZÁSOK

[1] Varga A. József (szerk.): A magyar harc- és gépjármű-fejlesztések története. Magyar Honvédség Páncélos- és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség. (A Magyar Honvédség belső kiadása.) Budapest, 2005.

[2] Hegedűs Ernő – Vég Róbert László: Mérnökök a magyar haditechnika fejlesztéstörténetében – Dr. Lipták Pál. – Új technikatörténeti kutatási eredmények az első hazai harckocsi és helikopter fejlesztőjéről. Hadmérnök, 2022/4. 29–45. DOI:10.32567/hm.2022.4.3

[3] Haris Lajos et al.: A magyar harc- és gépjármű-fejlesztések története. Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft., Budapest, 2005.

[4] Balogi Zoltán et al.: Katonai gépjárművek – típuskönyv. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1990.

[5] A Hofherr katonai vontatók gyártásának története (1939–1944). Hofherr-Dutra Emléktársaság. XVIII. kerületi Kondor Béla Közösségi Ház és Intézményei, 2017.

[6] Werner Oswald: Kraftfahrzeuge und Panzer der Reichswehr, Wehrmacht und Bundeswehr. Motorbuch Verlag, Stuttgart, 1982.

[7] Dombrády Lóránd et al.: A magyar hadiipar története. A kezdetektől napjainkig 1880–2015. Zrínyi Kiadó, Budapest, 2016.

FARKAS GÁBOR* – SISA ANDRÁS**

A MIG-21BISZ MAGYARORSZÁGON

Összefoglalás: *A MiG–21-es a hidegháborús időszak egyik jellegzetes szovjet típusa, sőt a korszak legnagyobb számban gyártott szuperszonikus vadászrepülőgépe volt. A magyar légierőben több alváltozatát is rendszeresítették. Ezek közül a bisz volt a legkorszerűbb, amelynek jellegzetességeiről és magyar vonatkozásairól szól ez az összefoglaló.*

Kulcsszavak: *MiG–21, MiG–21bisz, magyar légierő*

Abstract: *MiG–21 was a typical Soviet jet fighter plane of the Cold War, and what is more, it was the most produced jet fighter plane of this era. Several versions were used in the Hungarian Air Force. The most modern of these was the bis (Product 75) version, and this summary highlights its technical characteristics as well as its Hungarian usage.*

Keywords: *MiG–21, MiG–21bis, Hungarian Air Force*

* Okleveles repülőmérnök. ORCID: 0009-0001-4784-5049

** József Attila Makett Klub, Tatabánya. ORCID: 0009-0002-0548-1061

BEVEZETÉS

A Szovjetunióban az 1950-es években kifejlesztett MiG–21 típusú repülőgép hosszú életutat járt be, s a legnagyobb számban gyártott szuperszonikus vadászgéptípussá vált a világon. Életútja során a kezdetben csak rádió távolságmérővel felszerelt MiG–21F-13 változat folyamatosan fejlődött. A háborús tapasztalatok és a nyugati gépek elemzéséből származó információk beépültek az egymást követő újabb típusváltozatokba, melynek eredményeként a repülőket a felderítést és célkövetést is végrehajtó rádiólokátorral látták el, robotpilótát kaptak, s az újabb hajtóművek mellett a harci alkalmazás hatásfokát jelentősen javító fedélzeti fegyverekkel szerelték fel. A szovjet fejlesztésű MiG–21 altípusok közül a legnagyobb teljesítményű változat a MiG–21bisz, vagy az akkor szokásos titkos jelölésnek megfelelően a 75-ös gyártmány volt. Ennek kétféle változata volt megtalálható Magyarországon: 1975-ben érkezett a MiG–21bisz 75A, 1976-ban pedig a MiG–21bisz 75AP változat.

TECHNIKAI JELLEMZŐK

Az amerikai F–4 Phantom II utolsó változata és az új F–16 Falcon típusok gyorsulási és emelkedési sebességben jelentkező előnyét a bisz esetében a nagyobb tolóerejű R-25-300 típusú hajtómű beépítésével igyekeztek kompenzálni. Ez a típus földön, álló helyzetben 41 kN (1 N ≈ 0,1 kp), teljes utánégető üzemmódban 68,5 kN, míg a rendkívüli üzemmódban 71 kN tolóerőt fejtett ki. [3; 3.] Az utánégető üzemmódban működő hajtóművek tolóereje a repülési sebesség növekedésével – a szívócsatornába beáramló nagyobb légmennyiség és a megnövekedett torlónyomás hatására – jelentősen nő. Ennek eredményeként rendkívüli üzemmódban a hajtómű földközelben, 1 Mach körüli sebességnél 99 kN tolóerőt fejtett ki. [3; 3.] Ez az 50% tüzelőanyag-mennyiségnek megfelelő 7500 kg [3; 49.] tömegű repülőgépnek 1,32 tolóerő-súlyviszonyt biztosított.

A megnövekedett légnyelésű hajtómű táplálásához módosítani kellett a szívócsatornát. Nagyobb lett az átmérője, és a szuperszonikus sebességen a lökéshullámokat a szívócsatorna peremére fókuszáló, önműködően előre-hátra mozgó Mach-kúp működési mozgástartománya az előző gépek 200 mm-es hosszáról 155 mm-re változott. A MiG–21 típusok érdekes sajátossága, hogy a Mach-kúp mozgása miatt a repülőgép teljes hossza a sebesség függvényében változó.

A megnövekedett tolóerő nagyobb tüzelőanyag-fogyasztással is járt, viszont a repülőgép belső terei már nem tudtak nagyobb tüzelőanyag-tartályokat befogadni. Az egyetlen út a tüzelőanyag mennyiségének növelésére a 7-es számú hegesztettgerinc-tartály növelése volt. A MiG–21MF 260 literes gerinctartályához viszonyítva a bisz tartálya 530 literes lett. [3; 35.] A repülőgép belső tartályainak feltöltésekor a teljes kifogyasztható tüzelőanyag-mennyiség 2750 liter volt. Az üzemanyagtartályok a törzsben szöveterősítésű, gumírozott, puha falú tartályok voltak, amelyek állapotellenőrzéséhez ki kellett szerelni azokat a gépből a nagyjavítások alkalmával. Sokszor a kiszereléskor keletkeztek azok a hibák, amelyek a beszerelés után folyáshoz vezettek. A szegecselt konstrukciókat nehéz volt tömítéssel üzemanyagállóvá tenni, ennek következtében a repülés története során sok gép küzdött tüzelőanyag-folyással. A MiG–21 keszon kialakítású szárnytartályai is hajlamosak voltak a szegecsek melletti folyásra. Ennek kiküszöbölésére a Pestvidéki Gépgyárban (PG) egy olyan szárnyforgató padot terveztek és gyártottak le, amelyre a bekötőcsomópontok segítségével lehetett rögzíteni a szárnyat. A tartályba öntött U30MESZ hermetizáló paszta a szárny 360°-os forgatásakor egyenletes eloszlású, vékony védőréteget képezett a tartály belső felületén. Az önvulkanizáló paszta a szárítás után megszüntette a folyást. (A repülőgép belső szerkezeti elrendezéséről sok hibás robbantott ábra található az interneten. A legtöbb illusztráción feleslegesen jelölik be a tüzelőanyag-rendszer 1. számú tartályát.)



1. ÁBRA. **A díszfestésű 6115-ös MiG-21bisz búcsúrepülése 2000. aug. 24-én** (Fotó: Tóth László / HM Zrínyi Nkft. fotóarchívuma)

DOI: 10.23713/HT.60.5.10

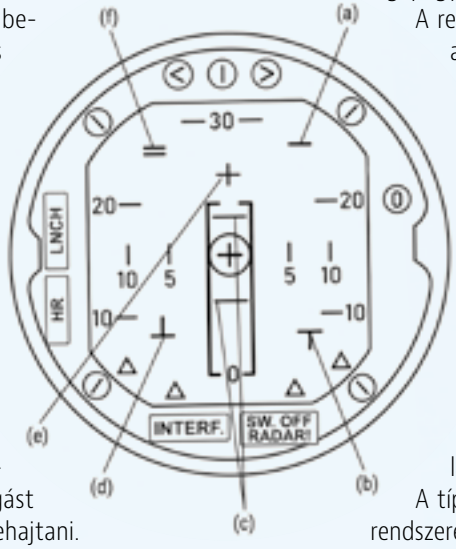


2. ÁBRA. **Magyar MiG-21bisz Pápán, 2000. augusztus 24-én, a típus kivonása előtt (az utolsó repülésük egy héttel később, augusztus 31-én zajlott), egyben a 47. Pápa Harcászati Repülő Ezred felszámolása alkalmával** (Fotó: Tóth László / HM Zrínyi Nkft. fotóarchívuma)

A jelentősen megnövekedett gyorsulás és emelkedőképesség ellenére a szuperszonikus sebességtartományra optimalizált, vékony profilú deltaszárny nem biztosított megfelelő fordulékonyságot a negyedik generációs vadászgépekkel (F–15, F–16, Mirage 2000) szemben. Ezekhez a gépekhez viszonyítva a megnövelt tüzelőanyag-készlet is csak korlátozott hatótávolságot és repülési időt biztosított. A gép inkább csak pontvédelemre[1] volt alkalmas a „nagy sebességgel támadj, lőj, majd azonnal térj vissza a bázisra üzemanyagért" taktikának megfelelően. Jelen cikk szerzőjének a berepülések utáni kiértékeléséről származó tapasztalata szerint a maximális 2,05 Mach sebességet ellenőrző nyári berepülések során a gépek többször is 300 liternél kevesebb tüzelőanyag-maradékkal szálltak le.

A fegyverrendszer hatásosságának növelését célozta az új, RP-22SzM típusú rádiólokátor beépítése. Ez többek között nagyobb zavarvédelemmel rendelkezett, és maximális felderítési távolsága nagy magasságban bombázóméretű célokra 27 km, vadászgép méretű célokra 23 km volt. Ugyanezen a magasságon a rakéta indítási paramétereinek kidolgozásához szükséges befogást 23 és 17 km távolságon tudta végrehajtani. Kis magasságon ezek a befogási értékek 11 és 8 km voltak. [4; 12.] Ezeket a paramétereket a Pestvidéki Gépgyárban (Dunai Repülőgépgyár Rt.) végrehajtott javítások utáni berepüléseknél ellenőrizték. A Magyar Néphadsereg repülőfőnöke által jóváhagyott berepülési utasítás ezeknél az értékeknél is valamivel kisebb távolságokat követelt meg. [6] Célgépként mindig egy másik MiG–21 típusú repülőgépet alkalmaztak. A lokátor még nem volt képes földháttérben repülő célok felderítésére. Az elfogásokat mindig a célgép repülési magassága alatti szintről (negatív szintkülönbség) kellett végrehajtani. A lokátor paramétereinek beszabályozása sok gondot okozott a javítások után; a paraméterek ellenőrzése öt felszállásban volt előírva [6], de a 8107 oldalszámú MF géppel például 19 felszállást hajtottak végre. [5; 24.] A szovjet tervezésű lokátorok teljesítménye és üzembiztonsága ezeken a gépeken elmaradt a nyugati berendezések színvonalától.

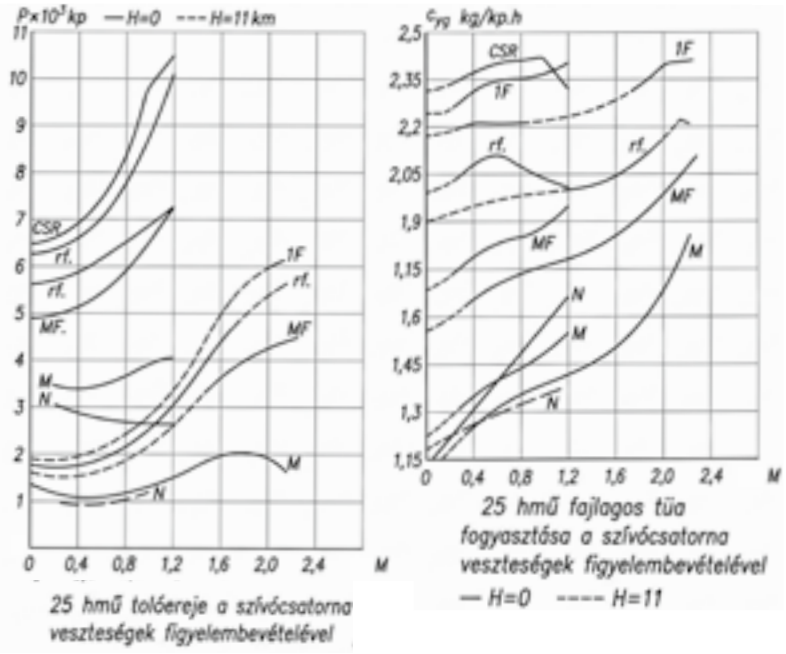
A repülőgép fegyverzete a GS-23 ikercsövű gépágyúból, az infravörös és félaktív lokátorirányítású rakétákból, nem irányított rakétákból, bombákból és gyújtótartályból állt. Ezeket különböző konfigurációkban lehetett a gépre függeszteni. A maximális fegyverterhelés 1300 kg volt, a gépágyú javadalmazása pedig 250 db lőszer. A repülőgép elektromos rendszerében kialakították a törzs alatti tartóra függeszthető atombomba alkalmazásához szükséges vezetékhálózatot. A fegyvertartó állítólag a Magyar Néphadsereg raktárában is megtalálható volt, de soha nem szerelték fel, valamint a PG-ben sem járt karbantartás céljából. A rendszerváltás környékén – valamely kelet–nyugati stratégiai egyezség keretében – az atomfegyver alkalmazását lehetővé tevő vezetékhálózatot utólag eltávolították a repülőgépekből. A típushoz precíziós levegő-föld fegyverrendszereket nem rendszeresítettek.



3. ÁBRA. **Az RP-22SzM rádiólokátor képernyője felderítési üzemmódban. Ábrajelek: a) a célpont ellenség; b) a célpont alacsonyabban van; c) távolsági kapu a maximális és minimális céltávolság jelölésére, amelyen belül a rakéta indítható; d) a célpont magasabban van; e) a célpont azonos magasságon; f) a célpont baráti** [3]

A Magyar Néphadseregben alkalmazott MF és bisz (75A Lazuros) változatokba már az AP-155 robotpilótát építették be. A berendezés bólintási és bedöntési tengely mentén egyaránt stabilizálta a repülőgépet. A harmadik generációs nyugati gépek robotpilótáinak csak egy része rendelkezett a szovjet tervezési filozófia szerint alapkövetelménynek számító vízszintesbe kivezető üzemmóddal. Ez a pilóta térbeli orientációjának elvesztése esetén – a botkormányon elhelyezett gomb megnyomása után – bármilyen térbeli helyzetből kivezette a repülőgépet vízszintes repülési helyzetbe. A Dunai Repülőgépgyár Rt.-ben

[1] „A pontvédelem, relatíve kis földrajzi kiterjedésű terület légvédelmét jelenti. Megvalósulhat kisebb objektumok, illetve csapat csoportosítások és kiemelt jelentőségű harcrendi elemek védelmének biztosítására." [6]



CSR Rendkívüli üzemmód: A kisnyomású kompresszor fordulatszáma 103% (időkorlát harc közben 3 perc, kiképzési repülés közben 1 perc).
1F Első forszázs: A kisnyomású kompresszor fordulatszáma 101,5%.
rf Részleges forszázs.
MF Minimál forszázs: A kisnyomású kompresszor fordulatszáma 101,5%, de a stabil forszázs működéséhez szükséges minimális tüzelőanyag betáplálással.
M Maximál üzemmód: A kisnyomású kompresszor fordulatszáma 101,5%, de forszázs nélkül.
N Névleges üzemmód: A maximális fordulatszám, amelyen a hajtómű még időkorlát nélkül működtethető.

4. ÁBRA. **Az R-25-300 hajtómű magassági-sebességi jellemzői** [1]

végrehajtott berepüléseknél a manőverbe bevitel műszer szerinti sebessége 750 km/h volt fél hát helyzetből 30-40 fokos süllyedési szöggel. A robotpilóta először a bedöntés megszüntetését kezdte meg, majd 1,5 másodperc múlva a bólintási csatornában, maximum 4,5 g túlterhelésű manőverben vízszintes repülési helyzetbe vezette a repülőgépet. A kivezetés alatti magasságvesztés nem lehetett több, mint a bevitelkor mért süllyedési sebesség tízszerese (1000–1300 m). [6; 21.] A robotpilóta szabályozása szintén jelentős szabályozási és berepülési feladatot jelentett. Emiatt a 9312 oldalszámú 75AP gépet az egyik javításakor összesen 24 felszállással lehetett berepülni. [5; 24.]

VÁLTOZATOK

A MiG–21bisz típus két változatban üzemelt Magyarországon. A 75A kódjelű változatot a LAZUR-M félautomata digitális rávezetőrendszerrel szerelték fel, amely a földi irányítás parancsait (a sebesség, magasság, bedöntés, irány beállítandó formájában) a repülőgép adott műszerein megjelenő jelzésekként továbbította a pilótának. A repülőgépvezető az aktuális repülési paramétereket a parancsoknak megfelelő értékekre változtatta, s ez eredményezte a cél körzetébe történő kivezetést. Tehát a pilóta vezette a gépet a földi parancsok alapján. Ez rövidebb idő alatt mehetett végbe, mint a régi, beszédalapú kivezetés. (Pl. „Sebesség M1,2, irány 225, magasság 14500…" stb.)

A 75AP változat a LAZUR helyett az RSzBN-5Sz közelnavigációs rendszerrel rendelkezett. Ez a 350–400 km hatótávolságú berendezés irány- és távolságadatokkal látta el a pilótát, majd együttműködve a robotpilótával, képes volt a repülőgépet a repülőtér közeli irányadójáig vezetni automatikus üzemmódban. Körülbelül 50 m repülési magasságról a pilóta átvette az irányítást. A gyakorlati tapasztalatok szerint a rendszer pontossága majdnem a kilebegtetési magasság eléréséig megmaradt.

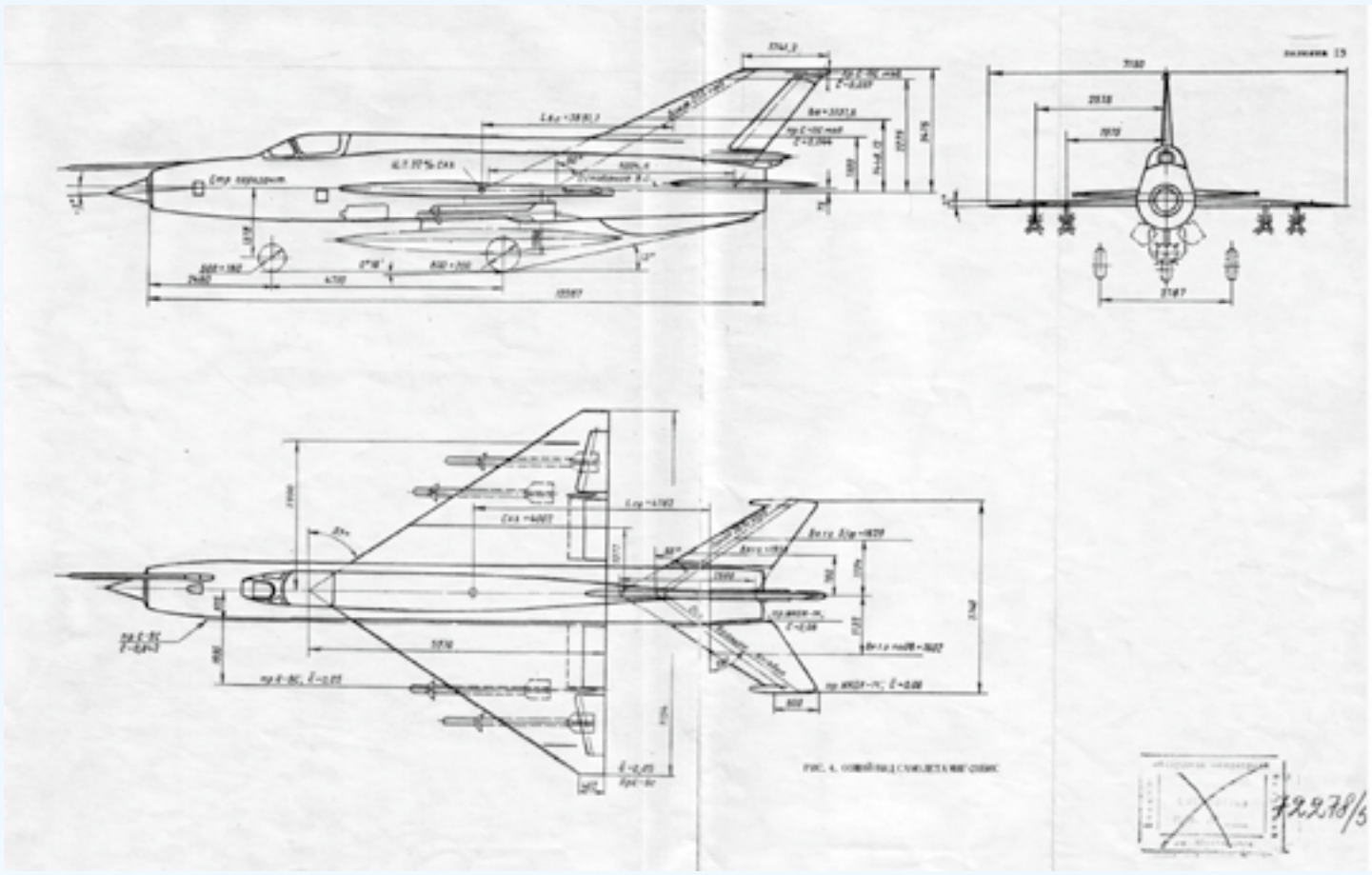
A repülőgépsárkány felépítése a szívócsatorna és a gerinctartály kivételével nem különbözött lényegesen az elődtípusokhoz viszonyítva. Anyaga a D16 és a V95 alumíniumötvözetek, a 30 HGSZA és 30 HGSZMA ötvözött acélok, valamint a hajtóműteret belülről körülvevő hővédő borítás speciális összetételű anyaga volt. Kompozitanyagokat csak a Mach-kúp lokátorsugarakat áteresztő szerkezetében, méhsejtszerkezetet pedig a fékszárnyak konstrukciójában alkalmaztak. Érdekes, hogy a D16 ötvözet összetétele majdnem megegyezett az amerikai 2025 alumíniumötvözetével, a V95 pedig a 7075-ös amerikainak felelt meg. A pilótafülkét körülölelő szívócsatorna miatt a sárkány szerkezete igen bonyolult volt. A MiG–21bisz nagyobb repülési teljesítménye a nagyobb szerkezeti terhelések miatt a teljes üzemidő csökkenéséhez vezetett. Amíg az elődMF változat teljes műszaki üzemideje 2400 repült óra volt, addig a bisz csak 1800 repült órát kapott. [5; 24.]

Méretei alapján a típus a kis méretű vadászgépek közé sorolható. Az arányok ellenőrzésének megkönnyítésére közöljük a hivatalos orosz dokumentáció méretábráját. (6. ábra)

A repülőgép kormányfelületeit a fő- és a buszter hidraulikus rendszer 210 bar nyomással működteti. A BU-210 és



5. ÁBRA. Magyar MiG–21 vadászrepülőgépek Pápán, 2000. augusztus 24-én. A cikkünk második részében szereplő makett a középütt látható 6253. számú gépet mintázza (Fotó: Tóth László / HM Zrínyi Nkft. fotóarchívuma)



6. ÁBRA. **A MiG-21bisz repülőgép főbb méretei** [3]

a BU-45 hidraulikus munkahengerek nem visszaható módon működnek, így a pilóta a vezérlőtolattyú elmozdításakor nem érezné a botkormányon a kormányfelületekre ható aerodinamikai erők nagyságát. Ezért a repülőgép-irányítás rendszerébe rugós terhelő mechanizmusokat építettek a terhelés nagyságának imitálására. A magassági kormány szerepét ellátó elforduló stabilizátorok vezérlésénél figyelembe kellett venni, hogy a repülőgép bólintási reakciói kis és nagy sebességnél jelentősen eltérnek. Kis sebességnél az alacsony torlónyomás miatt azonos túlterhelés csak nagy stabilizátorkitéréssel hozható létre. Nagy sebességnél viszont már a kis stabilizátorkitérés is jelentős aerodinamikai erőket hoz létre, amelyek túl nagy állásszögváltozáshoz, sőt a szerkezet károsodásához vagy akár töréséhez vezethetnek. Ennek kiküszöbölésére a bólintásvezérlés-csatornába egy ARU-3V típusú áttételmódosító mechanizmust építettek be. A berendezés a repülési sebesség és magasság függvényében változtatja a botkormány kitérítéséhez tartozó stabilizátorelfordulási szöget. Kis sebességen egységnyi botkormánykitéréshez nagy stabilizátorkitérési szög tartozik, amely a sebesség növekedésével egyre csökken. A repülési magasság növekedésével, az egyre ritkább levegőben tovább maradhat fenn a nagy stabilizátorkitérési szög. Ennek megfelelően az ARU–3V a stabilizátorkitérés csökkentését egyre nagyobb repülési sebességnél kezdi meg.

A szárny mechanizációja a kilépőélen elhelyezkedő fékszárnyból állt. Ennek kitérési szöge felszálló üzemmódban 25°, leszálló üzemmódban 45°. A 45°-ra kitérített fékszárnyat a levegő áramlása nem tudta volna megfelelően követni, s a felülettől elváló, örvénylő áramlás nem hozta volna létre az elvárt felhajtóerő-növekményt. A két fékszárnyon eltérő időben leváló örvények a repülőgép keresztirányú billegését hozták volna létre. A probléma megoldását a fékszárny határréteglefúvó rendszerének bevezetése jelentette. Az SZPSZ (Szdúv Pogranyicsnovo Szloja) a hajtómű kompresszorától elvezetett nagynyomású levegőt egy nyomáscsökkentő egységen keresztül vezetve a fékszárny belépőéle felett kialakított résen fújta ki. A fékszárny felületén végigfutó, nagy sebességű SZPSZ áramlás – az áramlási sebesség miatti nyomáscsökkenés – szívó hatást fejtett ki a felette kialakult örvénylő áramlásra, és magához „szippantotta" azt (Coandă-effektus[2]). Így a leválás nélküli áramlás a 45°-os kitérítés esetén is jelentős felhajtóerő-növekményt hozott létre. Ezzel sikerült elérni, hogy az egyre növekvő géptömeg mellett a leszállósebesség még csökkenjen is, bár így is elég magas maradt.

[2] A Coandă-effektus annak a jelenségnek a neve, hogy egy áramló folyadék vagy gázsugár hajlamos egy közeli görbült felülethez tapadni és annak alakját követni ahelyett, hogy egyenes vonalban haladna tovább. Ennek oka röviden az, hogy amikor a lég- vagy vízsugár egy görbült felület mellett áramlik, a felület és az áramlás között alacsonyabb nyomású zóna alakul ki. A környező nagyobb nyomású közeg ezért a sugarat a felület felé nyomja, így az „rátapad" és követi a görbületet.

7. ÁBRA. A szívócsatorna két fele a kabin mögött egy hengeres csatornában egyesült (Fotó: Pinterest)

A repülőgép futóműve triciklitípusú. Az orrkerék előre, míg a főfutók a szárnyba és részben a törzsbe voltak behúzhatók. A vékony profilú szárnyban nem fértek volna el az alacsony abroncsnyomású, nagy méretű kerekek. A kerekeket speciális paralelogramma-mechanizmus vezette, amely biztosította, hogy a futószár behúzás közbeni 90°-os elfordulása ellenére közel függőleges helyzetben maradjanak. Így befeküdtek a törzs belsejében végigfutó hengeres szívócsatorna mellett kialakított futógondolába. Az alacsony abroncsnyomás lehetővé tette a repülőgép megfelelő szilárdságú, füves repülőtérről történő üzemeltetését. A futómű vészkibocsátása sűrítettlevegős-rendszerrel történt. A fékrendszer érdekessége, hogy az orrfutó kerekét is fékkel látták el, ami nem tekinthető általános megoldásnak. (Az orrkerékféket a JAS 39 Gripenen is alkalmazzák.)

A Pestvidéki Gépgyárban a szokásos sárkányszerkezeti javítások mellett sérüléses javításokat is végrehajtottak. Ilyen volt például az 5540 oldalszámú 75AP repülőgép javítása. 1992. augusztus 25-én a javítás utáni komplex hajtóműpróba során a hidraulikatartály hegesztési varratának hibája miatt a tartály felrobbant, és a keletkező tűzben a törzs hátsó része javíthatatlanul megsérült. Egy új törzshátsórész beszerelésével sikerült megoldani a problémát. [5; 24.]

ÖSSZEGZÉS

Összességében a MiG–21 kedvelt típus volt a repülőgépvezetők körében, ugyanakkor repülési tulajdonságai nagy felkészültséget és fegyelmezett repülési technikát követeltek; a típus kevésbé tolerálta a pilótahibákat. ■



HIVATKOZÁSOK

[1] Korabeli orosz dokumentációból másolt és magyarított ábra a szerző archívumából.
[2] MiG-21 https://aviadejavu.ru https://aviadejavu.ru/search.htm?q=mig-21#gsc.tab=0&gsc.q=mig-21&gsc.page=1 (Letöltve: 2026.06.24.)
[3] MIG-21 No's 1 and 2. https://www.flight-manuals-online.com/?s=MIG-21bis (Letöltve: 2026.06.23.)
[4] A MiG–21bisz repülőgép harci alkalmazásának sajátosságai. Honvédelmi Minisztérium, 1979.
[5] Zsák Ferenc előadása a 2013. november 8-án tartott MiG–21 konferencián. Címe: MiG–21 javítása a Pestvidéki Gépgyárban.
[6] Dr. Berkovics Gábor – Dr. habil. Krajnc Zoltán: A légvédelmi rakéta alegység (egység, harccsoport) műveleti alkalmazásának doktrinális alapjai a magyar és a NATO releváns műveleti kiadványai tükrében. Repüléstudományi Közlemények Különszám, 2010.04.16.

8. ÁBRA. Az 5540. számú bisz az 1990-es évek elején a magyar demonstrációs kötelék vezérgépeként külföldi és hazai légiparádékon is repült, valamint a 2000. augusztusi búcsúrepülésen is részt vett (Fotó: Tóth László / HM Zrínyi Nkft. fotóarchívuma)





A MAKETT

ADATLAP

Készlet:	MiG–21bis
Gyártó:	Eduard
Cikkszám:	84131
Lépték:	1:48
Anyagok:	műanyag, műgyanta, réz
Alkatrészszám:	500+
Kiadási év:	2012

AZ ÖRÖK KEDVENC

A MiG–21-es – beleértve talán az összes alváltozatát – mindig nagy kedvencem volt, élőben és makettváltozatban egyaránt. Mivel gyerekkorom óta makettezem, jóformán az összes elérhető készlete megfordult a munkaasztalomon szinte minden méretarányban. Felnőtt koromtól már csak az 1:48 maradt az a lépték, amely nálam egyáltalán szóba jöhet, így nagy reményekkel vártam a 2011-re beharangozott, teljesen új szerszámos MiG–21-es sorozat kiadását, amely a nyolcvanas évek OEZ-készlete, és a kilencvenes évek méret- és alakhibás Academy-kitje után igazi csemegének ígérkezett.

Az elsőként kiadott cseh MF-alváltozat elég jól sikerült, de az általam igazán várt bisz annak ellenére súlyos hibával került a piacra, hogy ezt még a gyártás előtt, több fórumon jelezte Szekeres Gábor szakavatott kollégánk az Eduard fejlesztőinek. A bisz alváltozatba a nagyobb teljesítményű Tumanszkij R–25–300 hajtóművet építették be, melynek okán nagyobb átmérőjű és más ívű beömlőnyílással rendelkezett, mint az R–13-as hajtóművel szerelt változatok. [9] Ez a különbség a hozzáértő szemnek nagyon feltűnő – különösen, ha egymás mellett áll két eltérő alváltozat. Ez a hiba visszatartott attól, hogy nekiálljak a makettnek, aztán szerencsére Stanislav Petkov bolgár makettező manufaktúrája – a Cold War Studio – kiadta a mérethelyes orr-részt, benne a biszre jellemző orrkúppal. Bár a műgyanta alkatrészek öntési minősége miatt a készlet nem tartozik kategóriájának élvonalába, átmérőben elég pontos, egyéb paramétereiben pedig szinte tökéletes ahhoz, hogy kellő kitartással kiváló makettet készítsünk belőle. Megjegyzem, a most bemutatott 6253-as nem az első ilyen módon megépített Eduard–Cold War Studio kombóm, előtte már készítettem egy hasonlót, a csapatfestésű 48-as oldalszámút.

A MAGYAR BISZ

Magyarországon a MiG–21bisz (NATO-kód: Fishbed–L) két alváltozata, a 75A és a 75AP repült, meglehetősen nagy számban: összesen 62 darab (15 db 75A és 47 db 75AP) viselte a magyar felségjelet. [7] A két alváltozat közötti különbség abban állt, hogy a 75A Lazur rávezetőrendszerrel, a 75AP pedig az RSZBN közelnavigációs rendszerrel volt felszerelve. Ez az eltérés a bisz altípus orr alatti és a függőleges vezérsík tetejére szerelt szigonyantennája alapján azonosítható. [8] Jelen cikk alanya a 6253-as oldalszámú, 75046253 gyártási számú 75AP változat, mely 1977–2000 között repült magyar felségjelzéssel.

A gépek gyárilag teflonszürke színben érkeztek, és ezek jelentős része még a repülőterek javítóhangárjaiban kapta meg az úgynevezett csapatterepszínt. Sem szabványos folttérképet, sem teljesen azonos színt nem használtak a művelet során, ahogy a futóaknák belső felületeit sem festették át: a gépeket behúzott futóművel, bakon állva fújták.

A meghatározott repült óraszám elérését követő nagyjavításokat a Pestvidéki Gépgyár végezte. Ekkor került fel a repülőgépekre a típus kivonásáig jellemző zöld-barnakék kamuflázs, immár szabványos folttérkép és színséma alapján. Ugyanakkor az egyes példányok között továbbra is előfordultak eltérések a foltok elrendezésében, illetve a festékek keverési arányában.

Amikor meghozom a döntést egy adott makett építéséről, mindig próbálok valami kevésbé elterjedt, a szabványostól eltérő, érdekesebb festést, alváltozatot, függesztményt választani a gyakori, átlagos variációk helyett. Ahogy fentebb is írtam, sok példány hosszú ideig repült nálunk különféle festésekkel, azaz a repülőgépek külső megjelenése és festésük állapota az üzemeltetés során jelentősen eltért, illetve megváltozott. Mielőtt kiválasztom a megépítendő példányt és annak időállapotát, sok időt töltök a fotók keresésével és a változások feltérképezésével. Végül mindig az az eszköz győz, amelyikről a legtöbb információ áll a rendelkezésemre – és mellékesen tetszik is. Mielőtt a 6253-ast kiválasztottam volna, versenyben volt még a 47, 6305, 6327 is; közös bennük, hogy mindegyikük

9. ÁBRA. **MiG–21bisz (75AP) 1:48-as léptékű makettként**
(A makettfotók Tóth P. Flóra munkái)

SZUBJEKTÍV



10–13. ÁBRA. A 6253-as és a 6327-es gép (Fotók: Hérincs István)

A 6253-as és a 6327-es gép 1977 tavaszán a pápai 47. honi vadászrepülő ezred 2. századában kezdte a hazai repülő pályafutását. 1990 januárjában a Gerecse leépítés során a pápai 2. repülőszázad gépei áttelepültek Pápáról Taszárra. Részben a felszámolt egykori MiG–21PF század erőit pótolták.

1993. ápr. 27-én a 6253-as gép (10–11. ábra) törzshátsórésze megsérült a repülőgép felszállása közben: a hajtóművet és a fúvócsövet összekötő fémgyűrű meghibásodása miatt lecsökkent a hajtómű teljesítménye, a hajózó megszakította a felszállást és sikeresen lefékezte a repülőgépet, majd legurult a futópályáról. A megnövekedett hőterhelés következtében a hőárnyékoló lemez is cserére szorult. A hiba feltárása után a helyi Javító osztályhoz került, itt döntöttek a törzshátsó részek felcseréléséről, mert a harckészültség mindenekelőtt... (Egy megjegyzés: a törzshátsó részek visszacserélése jelentős feladat, mert szintezni kell a gépeket a csere előtt és után.) A donor repülőgép a 6327-es bisz volt. (12–13. ábra) Ez utóbbi berepülése 1994. júl. 5-én, a 6253-as gépé pedig 1993. máj. 11-én történt.

Ilyen felemás törzshátsó részekkel repültek a gépek a taszári ezred felszámolásáig. Utána Pápára kerültek: a 6327-es 1995. dec 8-án, a 6253-as gép pedig 1996. máj. 16-án repült át. 1997-ben selejtezték őket más repülőgépekkel egyetemben: a 6253-as 2773 leszállást és 1609 repült órát, a 6327-es 2768 leszállást és 1610 repült órát teljesített. Évekig Pápán álltak, majd a CFE-szerződés előírásainak megfelelően közszemlére alkalmas csökkentésieljárás-végrehajtás után magántulajdonba kerültek. Jelenleg a 6253-as gép Abonyban, a 6327-es gép a budaörsi repülőtéren található.

Hérincs István repüléstörténeti kutató,
a Magyar Repüléstörténeti Társaság alelnöke

eredeti festésébe belejavítottak kisebb-nagyobb területeken, más árnyalattal.

Végül miért éppen a 6253 lett a győztes? Ennek a gépnek a farokrésze egy alkalommal kigyulladt. [11] Mivel a sérülés nem volt jelentős, és a gép amúgy jóindulatú példánynak számított, így annak megmentéséről döntöttek. A sérült szekciót egy másik, nemrég nagyjavított, de éppen meghibásodott 21-es újszerű farokrészével pótolták; ez bizonyult az adott helyzetben a leggyorsabb és leghatékonyabb megoldásnak. A javítást követően a gép már a maketten is látható, szögletes stílusú oldalszámmal repült. Ez szemmel láthatóan nem gyári felfestés volt, amit az is jelez, hogy a számjegyek egymáshoz viszonyított helyzete eltér, és a piros festékréteg több helyen lekopott a fehér alapról. Később az oldalszám alatti barna felület átfestésével már az íves kialakítású oldalszámok kerültek ugyanarra a gépre. Ezt megelőzően ismert egy olyan állapota is a gépnek, mikor az oldalszám még szögletes, de már megkapta a NATO-kompatibilis IFF-rendszert[3] [12], és a vészpitot fölé került a frissen festett dudor, valamint a gerincen egy új késantenna is megjelent. Hogy mindezt miért részleteztem ennyire? Azért, mert jól mutatja, hogy egy konkrét makettet mindig egy adott időállapotnak megfelelően érdemes megépíteni, ehhez pedig a típust és a szóban forgó példány történetét is célszerű alaposan tanulmányozni.

AZ ÖSSZEÁLLÍTÁS ÉS A FESTÉS

Sajnos egy ideje elkövetem azt a hibát, hogy a makettek építésekor túlzásba esem azzal, mit kell és mit érdemes lecserélni az adott típuson. Emiatt rengeteg időt visznek el a feljavítások és átépítések, így több projektem kerül félkészen a polcra, melyeket csak többszöri nekifutásra fejezek be. Ennél a bisznél is hasonlóan alakult a helyzet: évekkel ezelőtt beszereztem hozzá szinte minden elérhető feljavítót, majd 2022 nyarán nekiálltam az építésnek.

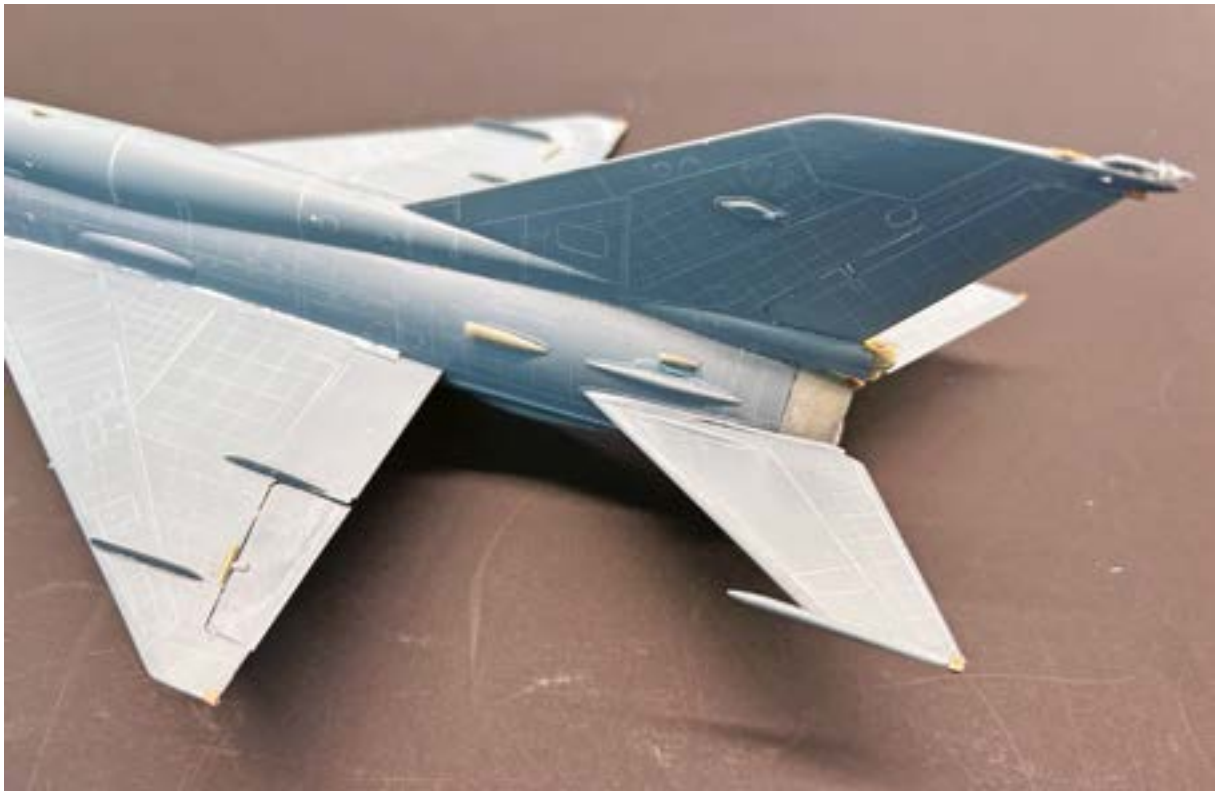
3 Esetünkben ez az APX-100V amerikai barát–ellenség azonosító (Identification Friend or Foe – IFF), amely az eredeti SzRZO-2 saját–idegen (magyar kiejtéssel szvoj–csuzsoj) szovjet kérdező-válaszadó helyett lett beépítve a típusba (egyéb típusok mellett) az 1990-es évek közepén.

Az Eduard MiG–21-es sorozatához számos gyári feljavító érhető el. A Brassin fantázianevű műgyanta- és fotómaratás-termékcsalád részeként külön fülke-, futóakna-, utánégető- és kerékkészlet is kapható, emellett az Eduard külön rézmaratást és réz futószárakat is kínál. Ezek mindegyikét használtam a makett építésénél, néhány egyéb, a későbbiekben ismertetett kisebb kiegészítővel együtt.

Az Eduard-alapmakett – a fent már említett hibás orr-résztől eltekintve – pontos méretekkel, beállításokkal rendelkezik, és akár dobozból építve is látványos lehet. A gyári feljavítók szinte tökéletesek, részletgazdagok és pontosan illeszkednek a gyári műanyagok helyére. Szerencsére az alapmakettet úgy tervezték, hogy a műgyanta alkatrészek beépítéséhez nem kell nagyobb részeket kivágni a fröccsöntött műanyag elemekből, hanem minden egy az egyben cserélhető a részletgazdagabb alkatrészekre. Így mindössze három helyen daraboltam: a Cold War Studio orr-részének beépítéséhez levágtam a törzsfelek első részét, illetve eltávolítottam az utolsó törzsgyűrűt, amelynek helyére a Quickboost műgyanta alkatrészét építettem be. A cserének köszönhetően a gyűrű belső részén nem látszik a két törzsfél – egyébként nem összecsiszolható – találkozási vonala sem. A harmadik beavatkozás a függőleges vezérsík tövét érte, ahol a fékernyőtartályt vágtam le, hogy azt később nyitott állapotban, szintén Quickboost gyantaelemmel helyettesítsem.

A futóaknák és az utánégető a festésüket követően, gyakorlatilag problémamentesen mentek a helyükre. Külön említést érdemel a fülke festése és kialakítása. A Brassin fülke nagyon pontos a részleteit tekintve, és szerintem sokkal látványosabb eredményt hoz, mint a manapság egyre divatosabb 3D nyomtatott műszerfalak beépítése. Ugyan nehezebb és időigényesebb az egyes kapcsolók festése, de megéri a fáradtságot. A Brassin-készlet a műgyanta elemek mellett fotómaratott alkatrészeket is tartalmaz. Ezek egy része gyárilag színezett, ami sokszor inkább hátrány, mint előny. Az Eduard ugyanis nem ad útmutatást arra vonatkozóan, hogy a színes maratások milyen festékszínnek vagy gyártói színkódnak felelnek meg. Ilyenkor csak a szemünkre, a színérzékünkre és a tapasztalatunkra hagyatkozhatunk. A magyar, gyári nagyjavításon átesett gépek esetében pedig még a színkód sem segítene, mivel a fülke színe nem a gyári szovjet türkíz, hanem a magyar alapanyaggal festett ún. Wallkyd-zöld [13] volt. Szerencsére a műszerfal nemcsak színes maratás/film kombinációval, hanem műgyanta öntvény/film kombinációval is építhető, így a festés egyszerűbb ennél a részegységnél. Viszont az oldalsó paneleken több helyen csak a színes maratást tudjuk felhasználni, ahol nagyon látszik az eltérő színárnyalat. Nem marad más lehetőség, csak az alkatrészek átfújása. Amennyiben meg akarjuk őrizni az előre festett részleteket, két lehetőségünk marad: vagy gondosan kimaszkoljuk azokat, vagy – talán egyszerűbb megoldásként – a frissen felfújt festéket hígítóval visszamossuk a panelről. Természetesen mindezt csak saját felelősségre végezzük el!

Fentebb említettem a gyári nagyjavításon átesett gépek fülkéjének szabványostól eltérő színét. Sokszor felesleges parttalan vitákba bocsátkozni a színek kérdését illetően, hiszen az aktuális fényviszonyok, a felvétel készítésének időpontja és a fényképezőgép minősége egyaránt meghatározzák, miként jelennek meg a színek az archív fényképeken. Mindezt befolyásolja még a makett méretaránya, illetve hogy milyen távolságból szemléljük azt, ezért az alapárnyalatok és az összhatás a meghatározó, a többi inkább ízlés kérdése. A makettjeim festésekor általában



14. ÁBRA. A makett felülete a szegecselés után. A képen kivehető a Quickboost egy darabból álló utolsó törzsgyűrűje és a műgyanta pótbeömlők is

a Gunze akriljait használom, szinte kizárólag fújva. Ez alól csak néha, és inkább a fémszínek esetén van kivétel, ilyenkor a Mr. Paint és az Alclad festékeit kenem fel szívesen. Visszatérve a fülke színére: a Gunze H25 kék és H46 smaragdzöld 1:1 arányú keveréke volt az alap, melyet érzésre világosítva állítottam be a végleges árnyalatot. Megjegyzem, általában mindent feketével alapozok vagy fekete előárnyékolást adok a lemezosztásoknak, és erre kerül fel az alapszín. A többi lépés – a bemosás és az élek szárazecsetelése – régi, ám bevált technikán alapul, melyen ritkán változtatok.

A fülke festését követően a sárkány összeállítása következett. Az építés gyakorlatilag problémamentes volt, és ha eltekintünk a műgyanta orr-rész és a műanyag törzs illesztésétől, csiszolni is alig kellett valahol. Kicsivel nagyobb odafigyelést és szárazpróbát igényelt az egy darabból kialakított alsó-középső törzsrész, a szárnyak alsó felének, valamint a már összeállított két törzsfélnek az illesztése. Ha itt nem hibázunk, akkor megfelelő lesz a szárnyak beállítása, nem keletkezik lépcső a gép hasán, és a felső szárny-törzs csatlakozás is tökéletes lesz. Ellenkező esetben jelentős, nehezen korrigálható utólagos csiszolásra kell felkészülni.

A makett felülete alapvetően szép és pontos, szinte minden lemezosztás és szerelőnyílás a helyén van. Ennek ellenére az én ízlésemnek így túl steril, ezért – bár a szegecselés nem minden fotón és nem minden példányon látható – ahol lehet, igyekszem ezt is imitálni a makettek felületén. A piacon elsőként Tóth Zoltán barátom kezdte gyártani Z63 márkanéven azt az egyszerű szegecselőszerkezetet, amelyet a műanyag felületén végiggörgetve egyenletes távolságú benyomódások készíthetők, így élethűen imitálható a szegecselés. A nyomás erősségével játszva lehet különböző mélységű lyukakat létrehozni, mely aztán a festést követően kisebb-nagyobb mértékben átsejlik a felületen. Egyes típusokhoz könnyebb, másokhoz nehezebb megfelelő felbontású és pontos szegecstérképet találni, de ma már szinte minden beszerezhető papíralapon vagy elektronikus formában. Ha mégsem, akkor a részletfotók alapján – kellő türelemmel – saját magunk is elkészíthetjük a szegecstérképet. Ez időigényes és gyakorlatot igénylő munka, de 1:48-as vagy annál nagyobb méretarányban mindenképpen megéri. (14. ábra)

Ekkor egy hosszabb szünetet tartottam az építésben, mivel egy költözés során a makett sok más félbehagyott projekttel együtt dobozba került, és vele együtt az ihlet is. Amikor elkészült az új műhelyem, átnéztem a megkezdett projekteket – így került ismét szóba a MiG–21-es. Ehhez egy kis löketet adott a PSMK 2025-ös versenykiírása is [14], ahol a MiG–21 volt a kiemelt kategória, és láttam esélyt arra, hogy addigra befejezzem a munkálatokat. Végül azonban nem készültem el.

A frissen leporolt maketten már alig kellett valamit dolgozni ahhoz, hogy a festést közvetlenül megelőző állapotba kerüljön. Ilyenkor az összes, az eredeti gépen is együtt festett kisebb alkatrészt felragasztom: így minden biztosan azonos árnyalatú lesz, és nem lehet látni az utólagos ragasztás nyomait sem. Ezzel viszont együtt jár, hogy az apró alkatrészek letörhetnek, elveszhetnek a festés során. A típusra jellemző pótlevegő beömlőnyílásokat Quickboost műgyanta alkatrészekre cseréltem, mert ezek valódi nyílásokat és helyes profilt biztosítanak. Lehetséges a gyári műanyag kifúrása is, viszont a kis méret miatt nehéz a valóságnak megfelelő ovális nyílásokat kialakítani. Ugyancsak ettől a gyártótól származik a törzs alatti gépágyú, ahol



15. ÁBRA. **Megfigyelhető a jellegzetes foltozás, illetve a törzshátsórész frissebb festése**

a lángrejtő és a hüvelykivetők miatt ajánlott a csere. Ég és föld a különbség a gyári műanyag alkatrészekhez képest.

A fentiekkel szemben az Eduard fotómaratása nagyon kevés igazán nélkülözhetetlen alkatrészt tartalmaz, ezek mindegyike házilag is elkészíthető. A teljesség igénye nélkül: szinte csak az IFF-antennákat, a gyorsítórakéták bekötési pontjait, a törzs alatti vulkánfíber antennafedeleket és a csűrők előtti áramlásterelő lemezeket használtam fel.

A kamuflázs festése előtt előkészítettem és összeállítottam a néhány külön festendő alkatrészt is. A futószárak az Eduard rézöntvényei, a velük együtt csomagolt műgyanta egyenesbevezetőkkel és futóaknaajtókkal, valamint saját gyártású, ónhuzalból készült fékcsövekkel. Ezeket az alkatrészeket ma már nem biztos, hogy felhasználnám: ugyan nagyon szépek, pontosak, és biztosan el is bírják a kész makett súlyát, ellenben méregdrága feljavítók, és a készlet ára nincs arányban azzal, amit nyújt. A pitotcsövet a Master szikraforgácsolt példányára cseréltem, mely az előző feljavítóval szemben nagyon hasznos: pontos, sorjamentes és korrekt árú termék.

Az Eduard-makett legnagyobb hibája a készlethez mellékelt fröccsöntött függesztmények gyenge minősége. A MiG–21-esen leggyakrabban használt PTB–490 póttartály (Podvesznoj toplivnij bak: függesztett tüzelőanyag-tartály vagy póttartály) méretében és formájában sem az igazi. Ezt a HAD Models műgyanta termékére cseréltem, de ma már ugyanez a tartály kapható 3D nyomtatásban az Eduard vagy a Tempmodels kínálatában is. Sajnos a méret- és alakhiba igaz a fröccsöntött rakétákra is. A hazai alkalmazású bisz talán legjellemzőbb függesztési variációjaként használt 2-2 db R–3R és R–60 rakéta felhelyezése mellett döntöttem. Az előbbi a Reskit, az utóbbi az Eduard gyártmánya, és mindkettő sokkal jobb, mint a készlet eredeti alkatrészei. Egyedül a Reskit hosszú és vékony rakétateste volt egy kicsit görbe, de ez forró vizes fürdő után könnyen kiegyenesíthető volt. (17. ábra)

A cikk elején említettem, hogy a maketten az öregebb, fakóbb törzs-szárny rész és az újabb, élénkebb törzshátsórész festését kívántam visszaadni. Az elmúlt évek egyik nagy újdonsága szerintem a szlovák Mr. Paint festésre kész, előre bekevert akrilfesték-családja. A gyártó számos olyan festéksorozatot kínál, mely egy-egy légierő jellemző álcaszíneit tartalmazza. Kapható náluk egy komplett magyar zöld-barna-világoskék színsor is, amelyet sokan nagyon jól eltalált árnyalatúnak tartanak. Kipróbáltam, de nekem nem igazán tetszett: bár a gyári új festés színeit valóban visszaadta, úgy döntöttem, hogy maradok a már bevált Gunze akriloknál, mivel a kívánt hatás eléréséhez úgyis minden színt keverni és fakítani kellett.

És akkor következzenek a színek. A makettjeim panelvonalait – a szegecssorokkal együtt – feketével szoktam előárnyékolni. A mozgó felületek és a hangsúlyosabb panelosztások erősebb árnyékolást kapnak, a többit inkább csak jelzésértékűen fújom be.

Az első, fakóbb részek zöld alapszíne Gunze H302 volt, kevés kékkel és fehérrel fakítva. A barna alapját a H310 adta, melyet sárgával és fehérrel fakítottam, míg a kék alapja a H314 volt, kevés zölddel és némi fehérrel keverve. A világosításra nincs általános recept: mindig az adott fotóval összehasonlítva próbálom a lehető legjobban megközelíteni a kívánt árnyalatot. Ezt követően az alapszínek világosított változatával kezelem az egyes színeket, foltokat. A zöld esetében inkább világoszöld és világosszürke, a barnánál inkább a sárga és a homokszín adta a kifakult festés hatását.



16. ÁBRA. **A makett orr-része**

A farokrész újabb festése ettől eltérő árnyalatokat kapott. A zöld Gunze H330 és a H303 1:1 arányú keverékéből készült H312-vel világosítva, míg a barna H310 és H313 keveréke volt. Ennél sem alkalmaztam fix keverési arányokat, csak érzésre, folyamatosan kísérletezve jutottam el a kívánt árnyalathoz. A kék alapja a H314 volt fakítás nélkül. Ekkor festettem fel a törzs fakóbb, első felére a sötétzöld javításokat is.

Ezt követően sötétbarna MiG olajos bemosóval kezeltem az alapszínekkel lefestett makettet: a repülő első felét erőteljesebben, a hátsó részen inkább csak kiemelve a részleteket. A kiválasztott időállapotban a gép – a festés kifakulásától eltekintve – nem volt különösebben elhasználódott, így nem voltak rajta a fémig vagy az alapozóig lepattogzott felületek. Néhány helyen (pl. a fülke peremén, a töltőnyílásoknál) szivaccsal vagy ecsettel alakítottam ki fémes kopásokat, majd MRP fényes lakkot fújtam a makettre a matricázás előtt.



17. ÁBRA. **R-3R és R-60 levegő-levegő rakéta a szárny alatti külső, illetve belső konzolon**

Az oldalszámot sablonnal fújtam, melyet Rácz Róbert (Rescue Models) készített el. Itt megpróbáltam a fotók alapján a nem szabályosan elhelyezett számjegyeket és azok lepattogzását visszaadni. A stencilek és a felségjelek a HAD Models régi készletéből származnak. Kicsit féltem a matricák korától, de valamennyi stencil problémamentesen felkerült. A felségjelek már nem: azok nem akartak rendesen meglágyulni, még a legdurvább anyagokkal kezelve sem. Sajnos a HAD gyártmányú felségjelekkel mindig gondban vagyok, mindegyik kissé túlméretes. Kismértékben ugyan, de ha a fotókkal és a lemezosztásokkal összenézzük őket, akkor már látható a különbség. Végül ismét MRP lakk került a felületre: az első rész matt, a hátsó pedig kicsivel fényesebb bevonatot kapott. A külön festett alkatrészek felragasztása után a makett elkészült.

A kész makettjeimet szinte mindig valamilyen alapra helyezem, így könnyebb szállítani, átpakolni, és kisebb a sérülés esélye is. Jelen esetben egy fűsávval határolt betonimitációra került a gép. A betonfelület a MiG Ammo önthető műbetonjából készült, melybe a mintázatot utólag karcoltam bele, majd lefestettem. A gép mellé HAD Models gyártmányú tűzoltókészülék, olajtálca és féktuskó került, amelyek piros színükkel némi életet visznek a kompozícióba. (18. ábra)

ÖSSZEGZÉS

Úgy gondolom, hogy az Eduard MiG–21-es sorozata ebben a méretarányban jelenleg egyeduralkodó. Az egykori OEZ/KP-készlet legfeljebb az alakhűsége folytán állja meg a helyét, de sem az egyes részletei, sem a felületi kidolgozása nem felel meg a mai elvárásoknak. Az Academy makett méretben és alakhűségben annyira rossz, hogy én ma már nem építeném meg. A Trumpeter MF a gyártó gyengébb készletei közé tartozik, ez sem számít különösebben pontosnak, ráadásul részletszegény is. Az Eduard makett könnyen építhető, kiváló alapot ad a részletes kidolgozáshoz, és számtalan feljavító érhető el hozzá. A gyártó kínálatában ma már szinte az összes együléses MiG–21-változat megtalálható, a tavaly megjelent F–13 alváltozat pedig már dobozból építve is kiemelkedő minőségű. ■



18. ÁBRA. **A reptéri beton részlete egyszerű, de jellegzetes és élethű alapot nyújt**

A makett a pozsonyi Plastic Winter 2025 versenyen Eduard Iron Bunny különdíjat, a 2026-os XXXIV. Szolnoki Országos Makettkiállítás és -versenyen pedig mester repülő kategóriában bronzérmet kapott.

A technikai összefoglaló Farkas Gábor, az építési leírás dr. Sisa András munkája. A kiegészítést Hérincs István készítette. Az archív fényképekért köszönetet mondunk Hérincs Istvánnak, ill. a HM Zrínyi Nonprofit Kft. fotóarchívumának.

HIVATKOZÁSOK

[7] Magyar szolgálatú MiG-21-esek adatlapjai. https://www.avia-info.hu/talalat.php?Ujtipus=2306&Darab=120 (Letöltve: 2026.05.11.)

[8] Kelecsényi István: Volt egyszer egy MiG-21, -23, és Szu-22 harci repülőgépflotta – Pápa 2001. military-technology.blog.hu 2020.05.15. https://military-technology.blog.hu/2020/05/15/volt_egyszer_egy_mig-21_-23_es_szu-22_harci_repulogepflotta_papa (Letöltve: 2026.05.12.)

[9] MiG-21. https://hu.wikipedia.org/wiki/MiG%E2%80%9321 (Letöltve: 2026.05.05.)

[10] Zsák Ferenc: MiG-21. (Makettstúdió No. 6.) Péta Lapkiadó Bt. 1994, 41–43.

[11] Egykor Pápán szolgáló katonák zárt Facebook-csoportjában írt visszaemlékezések.

[12] Hungary unveils Western IFF for MiGs. Flighglobal.com 1995.01.18. https://www.flightglobal.com/fixed-wing/1995/01/hungary-unveils-western-iff-for-migs/ (Letöltve: 2026.06.02.)

[13] Szekeres Gábor: Kifestőkönyv – Így készül az igazi. Top Gun magazin, 1994/8, 59.

[14] Painting School Makett Klub, 2025-ös versenykiírás

KOZÁK-KÍGYÓSSY SZABOLCS LÁSZLÓ – TÓTH DOMINIK

MOHÁCS KATONÁI

Kiadók: HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum; Zrínyi Kiadó
Kiadás éve: 2026
Oldalszám: 156
Borító: kemény fedeles



A mohácsi csata 500. évfordulójára való felkészülés az elmúlt években a történeti kutatás újabb fellendülését eredményezte. A korszakról és magáról az ütközetről számos új monográfia és tanulmány látott napvilágot, ezért joggal merül fel a kérdés, hogy egy újabb, mindössze 156 oldalas kötet képes-e újat mondani a témában. Kozák-Kígyóssy Szabolcs László és Tóth Dominik munkája egyértelműen igenlő választ ad erre a kérdésre.

A *Mohács katonái* már első pillantásra eltér a hagyományos történeti monográfiáktól. Felépítését és vizuális világát tekintve az angolszász Osprey Publishing *Men-at-Arms* és *Campaign* sorozatait idézi, ugyanakkor azok terjedelmét és lehetőségeit meghaladja. A kötet elsődleges célja nem a mohácsi csata eseményeinek új rekonstrukciója, hanem a hadjáratban részt vevő katonák, fegyvernemek, felszerelések és viseletek lehető legpontosabb bemutatása, miközben a hadjárat politikai, katonai és társadalmi hátterét is közérthető formában ismerteti.

A könyv egyik legnagyobb erénye, hogy az olvasót fokozatosan vezeti el magához a csatához. A külpolitikai helyzet, a Magyar Királyság belső viszonyai, a védelem lehetőségei, valamint a két fél katonai és gazdasági adottságainak ismertetése nem pusztán előzményként szolgál, hanem értelmezési keretet is ad az események megértéséhez. Ezt követően külön fejezetek mutatják be a magyar és az oszmán haderő egyes fegyvernemeit – a nehézlovasságtól és huszároktól a gyalogságon, tüzérségen és sajkásokon át egészen a szpáhikig, janicsárokig és más oszmán alakulatokig –, miközben számos, a közvéleményt régóta foglalkoztató kérdésre is kitérnek, például II. Lajos állítólagos páncéljára vagy Szapolyai János szerepének megítélésére. Különösen értékesek azok a fejezetek, amelyek a hadsereg ellátását, a mozgósítás nehézségeit vagy az 1526. évi hadjárat előkészületeit tárgyalják, hiszen ezek a vereség okainak árnyaltabb megértéséhez is hozzájárulnak. A források folyamatos összevetése, az ellentmondások bemutatása és a különböző szerzői szándékok elemzése végig a kritikai forráshasználat igényéről tanúskodik. A szerzők számos kérdésben saját kutatásaikra támaszkodva fogalmaznak meg új megállapításokat, más esetekben pedig a különböző szakmai álláspontok bemutatásával segítik az olvasó tájékozódását a Mohács-kutatást régóta megosztó vitákban.

A kötet vezérfonalát a harci eszközök, viseletek és katonai felszerelések bemutatása alkotja. A szerzők nem csupán a jól ismert írott forrásokra támaszkodnak, hanem rendkívül gazdag képi és tárgyi anyagot is felhasználnak. A Hadtörténeti Múzeum gyűjteménye mellett számos hazai és külföldi közgyűjtemény kevéssé ismert műtárgya, fegyvere és nyomtatványa, valamint a felvidéki, erdélyi és más európai templomok oltárképei is fontos ikonográfiai forrásként jelennek meg, amelyet a szerzők szintén messzemenőkig hasznosítottak. Külön említést érdemelnek Boldog Zoltán igényesen kidolgozott és részletgazdag rekonstrukciós rajzai, amelyek konkrét korabeli ábrázolások és művészeti emlékek alapján készültek, megjelölve az elkészítésük alapjául szolgáló forrásokat.

A kötet legnagyobb erénye ugyanakkor éppen az egyensúly megteremtése. Közérthető, olvasmányos stílusban közvetíti a legújabb kutatási eredményeket anélkül, hogy leegyszerűsítené azokat. A gazdag képanyag nem pusztán illusztrációként szolgál, hanem a szöveg szerves részévé válik, elősegítve a korszak hadikultúrájának megértését. A kronológiai áttekintések, térképek és összefoglaló fejezetek a kevésbé tájékozott olvasó számára is jól követhetővé teszik a történeti folyamatokat. Természetesen néhány kritikai észrevétel is megfogalmazható. Egyes fegyvertípusok és haditechnikai megoldások esetében hasznos lett volna több szemléltető ábra vagy részletesebb magyarázat, mivel működésük és alkalmazásuk nem minden olvasó számára magától értetődő. A térképek jelkulcsa néhol kevésbé áttekinthető, továbbá a kézirat lezárásának időpontja miatt a legfrissebb szakirodalom már nem minden esetben kerülhetett be a hivatkozások közé. Mindez azonban érdemben nem csökkenti a munka tudományos értékét.

Összességében a *Mohács katonái* a jubileum egyik legigényesebb ismeretterjesztő hadtörténeti kiadványa. A szerzőknek sikerült olyan áttekintő munkát alkotniuk, amely egyszerre szolgálja a laikus érdeklődő és a szakmai közönség igényeit. A közérthető szöveg, a saját és új kutatási eredmények beépítése, a kiegyensúlyozott forráskezelés, valamint a kivételesen gazdag és tudatosan válogatott képanyag együttesen teszi a kötetet a mohácsi csatával foglalkozó ismeretterjesztő munkák fontos és maradandó darabjává.



Borbás Benjámin
PhD, levéltáros, Magyar Nemzeti Levéltár Országos Levéltára. ORCID: 0009-0008-9159-4495

TABLE OF CONTENTS

STUDIES
- Military engineering innovations of Kálmán Tihanyi, *Part 1*
  Underwater mine ignition device 4
- Innovation in the service of explosive breaching of doors and windows, *Part 1*
  The development of an additively manufactured door-breaching charge cassette: From concept to blast validation 12

INTERNATIONAL MILTECH REVIEW
- Data-driven warfare: The role of Ukrainian battlefield experience in the development of artificial intelligence 20
- Counter-drone systems in the Russo-Ukrainian war, *Part 1* 26
- Drones, ballistic and cruise missiles employed in the 2026 Iranian war, and their countermeasures 32

DOMESTIC SURVEY
- Additive manufacturing of automotive/vehicle components, *Part 1* 40
- Half a century of fire support for rifle squads
  The SVD sniper rifle in the Hungarian Defence Forces (1976–2026) 45

MILTECH HISTORY
- Combating ice-jam floods by aerial bombardment, *Part 1* 51
- Half-track military vehicles, *Part 1*
  From the origins to the German medium prime movers 58

MODEL
- The MiG-21bis in Hungary 66

BOOK REVIEW
- A review by Benjámin Borbás Kozák-Kígyóssy, Szabolcs László and Tóth, Dominik: Soldiers of Mohács 77

INHALTSVERZEICHNIS

STUDIEN
- Militärisch-technische Erfindungen von Kálmán Tihanyi *Teil I.*
  Unterwasserminenzünder 4
- Innovation im Dienste des explosiven Türaufbrechens *Tel I.*
  Der Weg der mittels additiver Fertigungsverfahren entwickelten Türsprengladung – vom Konzept bis zur Validierung der Sprengwirkung. 12

INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDSCHAU
- Datenbasierte Kriegsführung: Die Rolle ukrainischer Kampferfahrungen bei der Entwicklung der Künstlichen Intelligenz 20
- Systeme zur Drohnenabwehr im Russisch-Ukrainischen Krieg *Teil I.* 26
- Im Iran-Krieg von 2026 eingesetzte Drohnen, ballistische Raketen und Marschflugkörper sowie deren Abfangung 32

HEIMATSCHAU
- Herstellung von Automobilkomponenten mittels additiver Fertigung *Teil I.* 40
- Ein halbes Jahrhundert Feuerunterstützung für Infanterietrupps
  Das Scharfschützengewehr SVD bei den ungarischen Streitkräften (1976–2026) 45

GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK
- Abwehr von Eisstau-Hochwasser durch Bombardierung *Teil I* 51
- Militärische Halbkettenfahrzeuge *Teil I.*
  Von den Anfängen bis zu den deutschen mittelschweren Traktoren 58

MAKETTE
- Das Jagdflugzeug MiG-21bis in Ungarn 66

BUCHEMPFEHLUNG
- Rezension von Benjámin Borbás Kozák-Kígyóssy Szabolcs László – Tóth Dominik: Die Soldaten von Mohács 77

A címlapképünkön: Az 1860-ban vízre bocsátott HMS Warrior ma restaurált állapotban, múzeumhajóként látható Portsmouthban.
(Fotó: Graeme Wallace / Alamy Stock Photo)

Poszter: Magyar katona SzVD-vel a *Breakthrough 2021* gyakorlaton.
(Fotó: Kertész László / MH 25. Klapka György Páncélosdandár)



KEDVENC LAPJAIT – KÖZTÜK A HADITECHNIKÁT – A LAPTAPÍR SZOLGÁLTATÁSÁVAL OLVASSA ONLINE ASZTALI VAGY TÁBLAGÉPEN, ILLETVE OKOSTELEFONON.
BÁRHOL, BÁRMIKOR ELÉRI: LAPTAPIR.HU

SZERZŐINK FIGYELMÉBE

A szerkesztőség két független lektorral ellenőrizteti a beküldött kéziratokat és plágiumellenőrzésnek veti alá azokat. A cikkeknek tartalmaznia kell: egy max. 6-10 soros összefoglalást és 5 kulcsszót magyar és angol nyelven is, illetve a cím angol nyelvű fordítását. Lapunk szerzőinek nevénél lábjegyzetben fel kell tüntetni: a szerző ORCID-azonosítóját (www.orcid.org oldalon kérhető), továbbá a szerző munkahelyét, intézményi kötődését angol és magyar nyelven (illetve tudományos fokozatát – ha ilyennel rendelkezik). A kéziratot csak a felhasznált irodalmak megjelölésével fogadjuk el. Ha a hivatkozott irodalmi forrás rendelkezik DOI-azonosítóval, azt kérjük feltüntetni.
A hivatkozásokra vonatkozó szabály, hogy egyetlen olyan forrás se szerepeljen a felhasznált irodalom jegyzékében, amelyre a szerző a törzsszövegben nem hivatkozik. A szerzői jogra (copyrightra) vonatkozó jogok és kötelezettségek, továbbá a tiszteletdíj a kiadói szerződésben kerülnek szabályozásra.
A cikkeket a haditechnika@hmzrinyi.hu e-mail-címre várjuk.
A Haditechnika folyóirat cikkeit a szerkesztőség feltölti a Magyar Tudományos Művek Tárába, emellett az elmúlt több mint 50 év lapszámai elérhetők az MTA REAL-J repozitóriumban:
http://real-j.mtak.hu/view/journal/Haditechnika.html

ELŐFIZETÉS

Éves előfizetési díj: 5940 Ft
Előfizetésben terjeszti
a **Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága,**
1089 Budapest, Orczy tér 1.
Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél,
e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu,
faxon: 303-3440;
a **HM Zrínyi Nonprofit Kft.**
Ügyfélszolgálat – Könyv- és térképbolt
1024 Budapest, Fillér u. 14.
Telefon: +36 30-388-4034
E-mail: bartha.cynthia@hmzrinyi.hu
ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu

A HADITECHNIKA MEGVÁSÁROLHATÓ

Líra Könyváruház, Récsei Center
1146 Bp., Istvánmezei út 6.,
telefon: 411-1543
Stúdió könyvesbolt
1138 Bp., Népfürdő u. 15/D,
telefon/fax: 359-1964, 359-6461
HM Zrínyi Nkft. Ügyfélszolgálat
1024 Bp., Fillér u. 14.
Nyitvatartás: H–P 9.00–16.30
ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu



HT PUBLIKÁLJON A HADITECHNIKÁBAN!

Írja velünk a legújabb számunkat!

ÖN LEHET A KÖVETKEZŐ CIKKÜNK SZERZŐJE!

Korábbi számaink:

Doktoranduszok, hallgatók, oktatók és kutatók cikkeit várjuk

Magyarország egyik legrégebbi, 4000 példányban megjelenő haditechnikai szakfolyóiratába!

MIRŐL ÍRHAT?

- Haditechnika
- Katonai műszaki tudományok
- Haditechnika-történet
- Védelmi ipar
- Űrtechnika
- NATO és nemzetközi haditechnikai fejlesztések
- Hazai fejlesztések és kutatások
- Innováció és jövőtechnológiák

Kutatása elismerést érdemel, ossza meg a szakmai közösséggel!

Miként lesz a kéziratból publikált tanulmány?

- ► Küldje el rövid összefoglalóját!
- ► Szerkesztőségünk visszajelez egyeztetés után, hogy támogatja-e a témát.
- ► A megállapodás szerint ön elkészíti és benyújtja a kéziratot.
- ► Két független lektor bírálja az anyagot.
- ► A cikk megjelenik a Haditechnika folyóiratban.
- ► Honoráriumban részesül.

Miért érdemes nálunk publikálni?

- **Kreditszerzési lehetőség**
- **„A" kategóriás tudományos folyóirat**
- **Független szakmai lektorálás**
- **Megjelenés a haditechnikai szakmai közösség előtt**
- **Szakmai előrelépés és publikációs tapasztalat**
- **Szerzői honorárium**

AJÁNLOTT TÉMÁK

- **Drónhadviselés**
  Szárazföldi drónok, a drónirányító központok működtetése.
- **Korszerű személyi védőfelszerelések és kommunikációs eszközök**
  Tömegcsökkentés, az okostechnológiák integrációja, sérülésérzékelés, exoszkeletonok és kiterjesztett repeszvédelem.
- **A NATO keleti szárnya**
  Az érintett tagállamok haditechnikája, felszereltsége és szerepe.
- **Az európai hadiipar helyzete**
  Az európai lőszer- és fegyvergyártási kapacitások növelése, fejlesztések.
- **Dél-koreai technika Európában**
  A K2 harckocsi, a K9 önjáró löveg, a K10 lőszerszállító, a K239 sorozatvető és az FA-50 vadászrepülőgép.



HA VAN EGY JÓ TÉMÁJA, KÜLDJE EL A RÖVID SZINOPSZIST!

haditechnika@hmzrinyi.hu



MEGJELENT
a Haditechnika különszáma!

136 oldalon az orosz-ukrán háború haditechnikai hátteréről és harceszközeiről – a drónoktól a hajókig.

Megrendelhető a **shop.hmzrinyi.hu** weboldalon, illetve megvásárolható a Zrínyi Kiadó boltjában (1024 Budapest, Fillér u. 14.)





ZRÍNYI KIADÓ