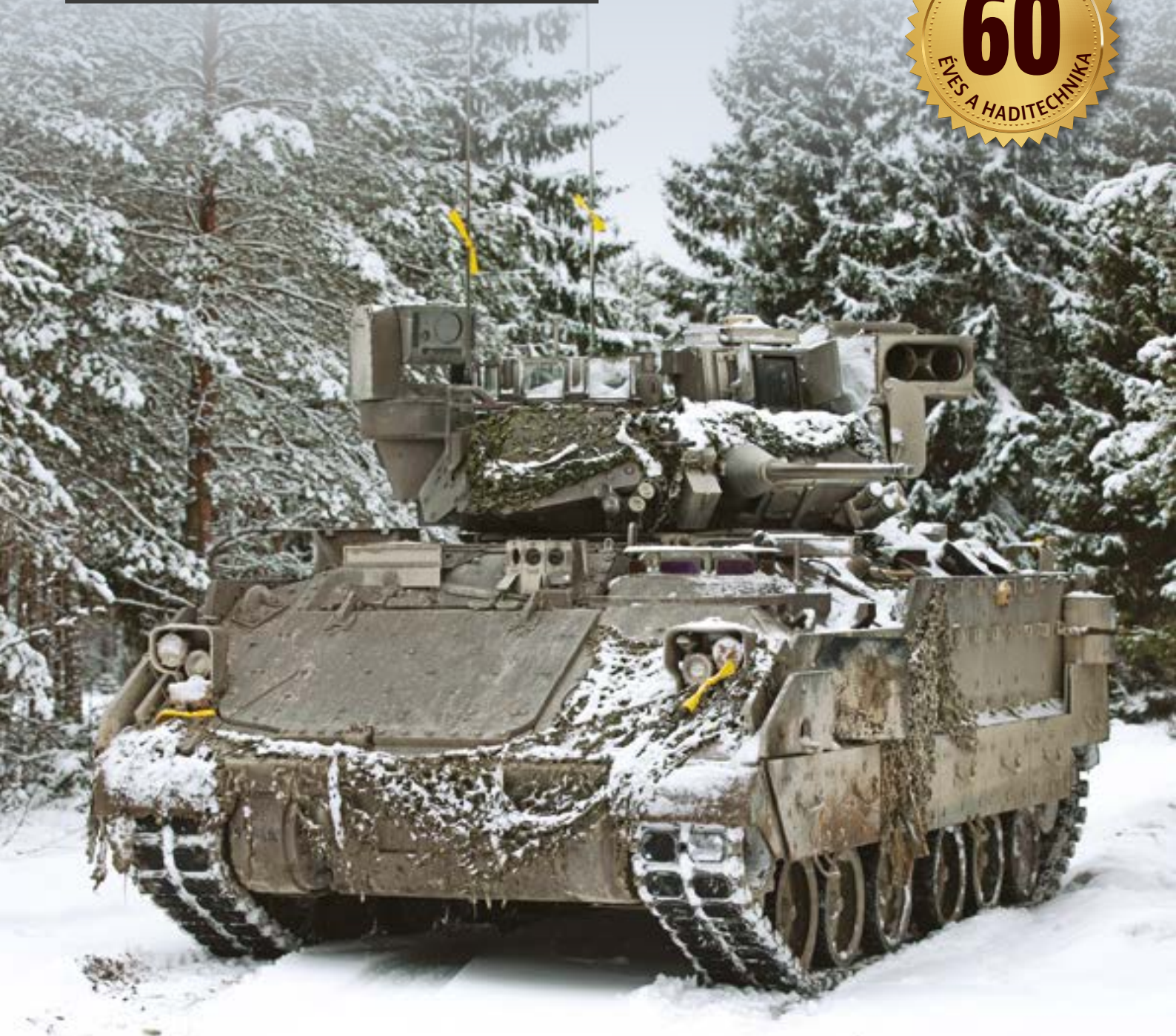


# HADITECHNIKA

2026/1.

A MÚLT, A JELEN ÉS A JÖVŐ FEGYVEREI LX. ÉVFOLYAM • ÁR: 990 Ft



M2A4 BRADLEY

**GYALOGSÁGI  
HARCJÁRMŰ**

**POSZTER-  
MELLÉKLETTEL**



# VÉRREL, VASSAL, EKÉVEL, KARDDAL I-III.

Facsar Mihály háromkötetes műve az 1920-ban alapított Vitezi Rend világát tárja fel előttünk, bemutatva a rend szellemiségét, szervezeti rendszerét és helyét a társadalomban. A szerző átfogó, gazdagon illusztrált kutató- és rendszerező munkával nyújt betekintést a vitézek mindennapi életébe, anyagi kultúrájába, jólékephasználatába és szertartásába.



ZRÍNYI KIADÓ

## A Zrínyi Kiadó újdonságai



A Magyar katonai híradás története sorozat harmadik kötete a magyar katonai híradás második világháború utáni történetét dolgozza fel egészen az 1970-es évek végéig. A szöveg mellett illusztrációk, képek, szervezeti ábrák és táblázatok tárják elénk az új Magyar Honvédség, majd a Magyar Néphadsereg híradószervezeteinek és -csapatainak történetét. (1918-1945)

Könyvesbolt: 1024 Budapest, Filler utca 14.



## A MAGYAR HONVÉDSÉG MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS FOLYÓIRATA

Az MTA IX. osztály Hadtudományi Bizottsága által „A” kategóriába sorolt, lektorált folyóirat, LX. évfolyam 2026/1. szám

### A szerkesztőbizottság elnöke:

Prof. dr. Padányi József ny. vezérőrnagy DSc.  
(NKE HHK KMDI iskolavezető)

### A szerkesztőbizottság alelnöke:

Bárányi Zoltán Gábor dandártábornok  
(NATO JFCC parancsnokhelyettes)

### Főszerkesztő:

Dr. Végvári Zsolt alezredes (NKE HHK, TÜK, 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 (MH TT, TÜK)

Prof. dr. Kiss Péter (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)

Prof. dr. Kovács László vezérőrnagy (NKE HHK)

Dr. Koller József dandártábornok

Könczöl Ferenc dandártábornok (MH SZD 101. rep. dd.)

Dr. Lippai Péter dandártábornok (NKE HHK KMDI)

Magyar Ferenc (ZalaZone)

Dr. Németh András alezredes (NKE HHK)

Prof. dr. Rohács József Csc. (BME)

Solymosi Ferenc dandártábornok (MH THP)

Dr. Trembeczki László András

(HM El Zrt., HM ARMCOM Zrt.)

### Lektori bizottság elnöke:

Dr. Keszthelyi Gyula ny. dandártábornok (MKLE)

### Jelen számunk lektorai:

Dr. Both Előd, Dr. Daruka Norbert alez., Dr. Hegedűs Ernő alez.,

Dr. Juhász Attila, Dr. Károly Krisztián őrgy., Dr. Kovács Zoltán Tibor alez.,

Dr. Krajnc Zoltán ezr., Prof. dr. Lukács László, Ombódi Imre alez.,

Dr. Palik Máttyás ezr., Sebők István alez., Sipos László őrgy.,

Dr. Suli Attila őrgy., Szabados Péter János alez., Szabó Tamás alez.,

Szabó Zoltán, Dr. Szilvássy László ezr., Dr. Végvári Zsolt alez.

### Felelős szerkesztő:

Havasi Máté

### Szerkesztő:

Drahos Gabriella

### Olvasószerkesztő: Tóth László ny. alezredes

**Tördelés és grafikai munkák:** Dallos Tamás, Győri László,

Schlachter Stefánia Gerda

### Műszaki szerkesztés: Gróf István

**Folyóiratszerkesztőség-vezető:** Eisrichné Schubert Andrea

**A Zrínyi Kiadó igazgatója:** Dr. Hajdú Ferenc t. ezredes

**Nyomdai előkészítés és nyomtatás:** HM Zrínyi Nonprofit Kft.

**Felelős vezető:** Kulcsár Gábor 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)

## BEKÖSZÖNTŐ

- Prof. dr. Padányi József  
Hatvanévesen is fiatalon 4

## TANULMÁNYOK

- Lukács László  
A kőszóró aknáktól az intelligens szárazföldi aknáig V. rész  
*Hagyományos aknák fejlesztése a II. világháború után* 6
- Farkas Zoltán  
Logisztikai szaktechnikai eszközök egykor és napjainkban V. rész  
*Üzemanyag-szállító és -töltő gépkocsik* 13
- Gulyás Attila  
Nyelvi modellek alkalmazása a kibervédelemben I. rész 20

## NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

- Ocskay István  
A termobárikus hatás és az azon alapuló fegyverek története II. rész 28
- Kiss Roland  
Az A2/AD hadviselés az orosz–ukrán háborúban  
*Területtagadás a szárazföldön II* 35

## ŰRTECHNIKA

- Szalai Sándor – Sódor Bálint – Tróznai Gábor  
Közel 10 éve működik a Mars körüli pályán a színes sztereókamera magyar szoftverrel 42

## HAZAI TÜKÖR

- Terjék Miklós  
Az éjszakai harc képességek fontossága a modern harcmezőn I. rész 49
- Lucz Zsolt  
Játék vagy kulcs az innovációhoz?  
*A Digital Combat Simulator* 55

## HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

- Ott István Dániel  
Atom-tengeralattjárók az Ausztrál Királyi Haditengerészet kötelékében III. rész  
*Az Ausztrál Királyi Haditengerészet tengeralattjáró-fegyverneme* 61

## MAKETT

- Gávy György Viktor – Szabó Bence  
Az M2 Bradley harcjármű 68

28



35

49



55

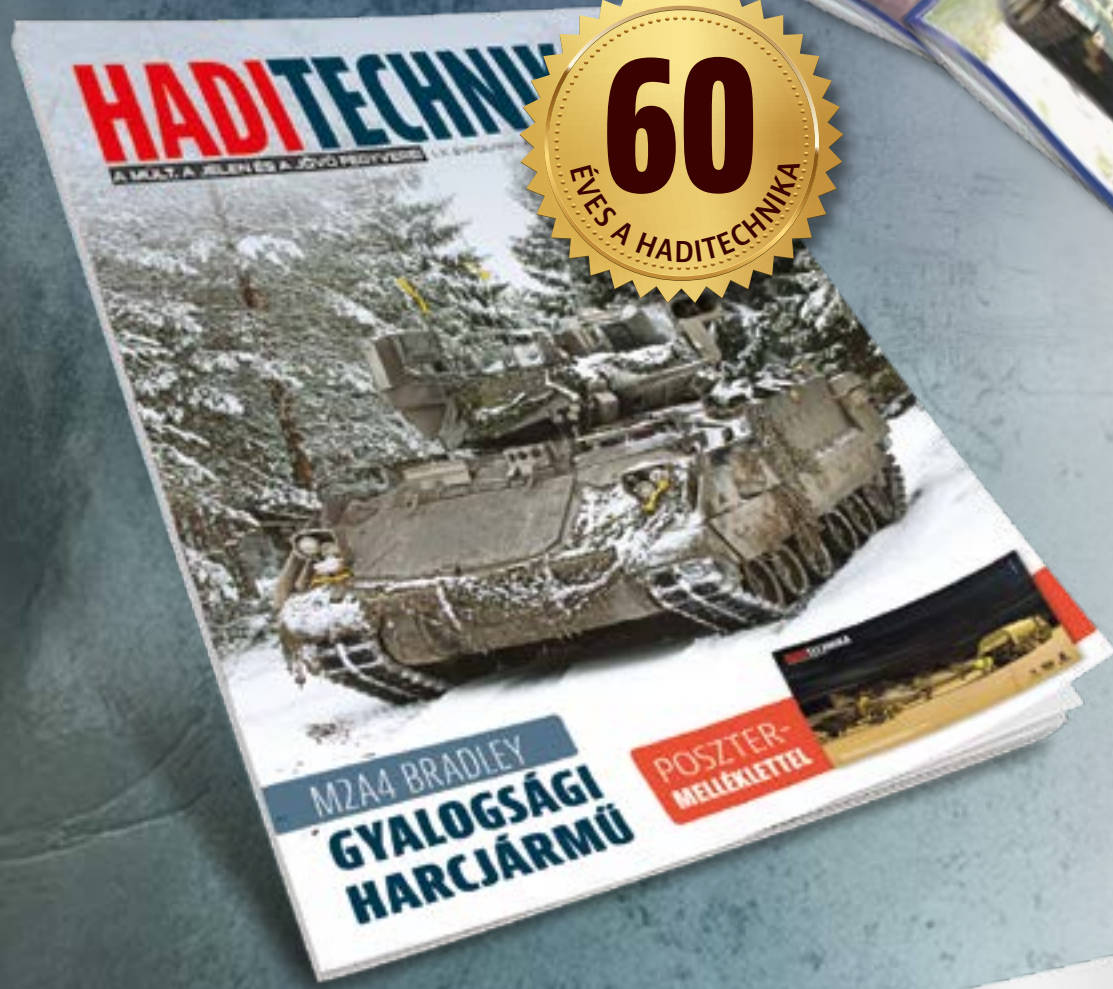


68





**60**  
ÉVES A HADITECHNIKA





## HATVANÉVESEN IS FIATALON

„Vannak húszéves vén szívek és hatvanéves fiatalok”

– írta Vértessy Gyula író.

A Haditechnika folyóirat 2026-ban a hatvanadik évfolyamát kezdi, így talán nem hiábavaló, hogy néhány sorban megemlékezzünk erről az évfordulóról. Tisztelgés ez a lapot készítő elődök munkája előtt és tisztelgés a haditechnika fejlesztésében végzett magyar innováció előtt is.

A Magyar Királyi Honvédelmi Minisztérium már 1923-tól adott ki lapot a szakma és az érdeklődők tájékoztatására a katonai műszaki tudományok hazai és külföldi eredményeiről. A Műszaki Katonai Közlöny szerkesztősége ebben az időszakban a Haditechnikai Intézet szervezeti elemeként végezte munkáját. 1945 után újra felmerült az igény egy haditechnika-irányultságú lap létrehozására, így 1956-ban megjelent a Haditechnikai Szemle. A megjelenés nem vált folytonossá, hiszen a forradalom eseményei ezt nem tették lehetővé. 1956–58-ban összesen négy szám jelent meg, majd takarékosági okok miatt megszüntették a lapot. 1968-tól újra megjelent Haditechnikai Szemle néven, majd 1982-től már a Haditechnika címet viselte a kiadvány.

Műszaki-haditechnikai lapot méltatva nem tudunk ellenállni annak a kísértésnek, hogy a számokon keresztül is méltassuk az elmúlt hatvan év teljesítményét. 286 lapszámban, 5076 cikk jelent meg több mint 18 000 oldalon ezekben az években, tudományos igényességgel mutatva be a kor hazai és nemzetközi hadiipari fejlesztéseinek irányait, kézzelfogható eredményeit. Mindezt úgy, hogy egyszerre legyen tudományos, tudományos-ismeretterjesztő, színes és igényes. Értse az utca embere, és feleljen meg a szakemberek kényes ízlésének is. Azt nem állítjuk, hogy ez mindig sikerült, de abban biztosak vagyunk, hogy a szerzők, szerkesztők, a lap előállításának robotosai mindent megtettek a minőség fenntartásáért.

A hatvan év nem múlt el nyomtalanul a lap felett. Évről évre keresni kellett a megújulást, a változó igényeknek való megfelelés útját és eszközeit. Az útkeresés soha nem megy viták nélkül, de ez így helyes. Mi is sajnáltuk elengedni a megszokott színeket, az évek óta alkalmazott tördelést, a jónak tartott hivatkozási rendet, a beváltak tekintett rovatokat. Ugyanakkor azt is tudtuk, hogy – ha kis lépésekben is, de – változtatni kell.

Ennek megfelelően 2015-től a lap véglegesen is helyet kapott az interneten, 2021-től megújítottuk a lap készítéséhez szükséges okmányokat, és beléptünk azokba az online rendszerekbe, melyek a mai, korszerű lapkiadás fundamentumát adják. Ezzel párhuzamosan a szerkesztőség is átalakult. A 2021/4-es számtól a lap haditechnikai eszközöket bemutató, nagy méretű posztermelléklettel jelenik meg.

Mindez elvezetett oda, hogy a Magyar Tudományos Akadémia IX. osztály Hadtudományi Bizottsága „A” kategóriába emelte a lapot.

Napjainkban a kiadvány 2 havonta jelenik meg, 80 oldal terjedelemben, színes kivitelben, 4000 db-os példányszámban.

Küldetése annyiban változott, hogy kiemelt feladatává vált a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program eredményeinek társadalom felé történő felmutatása, az olvasók tájékoztatása a magyar haderőreformmal kapcsolatos tudományos-technikai eredményekről. Ezzel együtt továbbra is célunk a hazai haditechnikai kutatás-fejlesztés és a magyar védelmi ipar szervezeteinek, tevékenységének és eredményeinek ismertetése, a katonai-műszaki tudományág művelésének támogatása, publikációs lehetőség biztosítása a haditechnikai fejlesztések területén kiemelkedő teljesítményt nyújtó kutatók, intézetek és cégek számára.

Hatvan év nagy idő, így lapunk is nagy idők tanúja. Bízunk benne, hogy az elkövetkező évfordulók megemlékezői ugyanolyan tisztelettel emlékeznek erőfeszítéseinkre, mint ahogy mi emlékezünk az alapítók és az elmúlt hatvan év lapkiadásban szerepet játszó munkásaira. ■

*Prof. dr. Padányi József ny. vezérőrnagy  
a szerkesztőbizottság elnöke*

LUKÁCS LÁSZLÓ\*

# A KÖSZÖRŐ AKNÁKTÓL AZ INTELLIGENS SZÁRAZFÖLDI AKNÁKIG

V. RÉSZ

## HAGYOMÁNYOS AKNÁK FEJLESZTÉSE A II. VILÁGHÁBORÚ UTÁN

1. ÁBRA.  
Lengyel ZUMP  
aknatelepítő  
jármű [20]

**A** cikkorozat eddigi részeiben végigkísértük a szárazföldi aknák fejlődését az ókortól a II. világháború végéig.

Tömeges alkalmazásukat először a Nagy Háború végéig lehetetlennek tűnő állásharcainak megtörésére kifejlesztett brit harckocsik megjelenése „kényszerítette ki”. A németek által ipari méretekben gyártott harcjármű elleni aknák jól vizsgáztak, és a II. világháború alatt már mindkét hadviselő fél arzenáljában bizonyították hatékonyságukat, ahogy erről a 4. részben olvashattunk. [1; 5–7.] A hagyományos fegyverrendszerekkel összehasonlítva bármilyen időjárási körülmények és korlátozott látási viszonyok között is igen megbízhatóan működtek, megőrizve teljes harcképességüket akár huzamosabb időn keresztül is.

Végigtekintve az aknák fejlődésén, azok az alkalmazott technológia és elérni kívánt cél szerint több generációra bonthatók:

**1. generáció** – mechanikus aknák: egyszerű nyomásra vagy húzásra aktiválódó robbanószerkezetek. Ezek a klasszikus gyalogság és harcjármű elleni aknák a II. világháborúból, melyek továbbfejlesztett változataival a mai napig találkozunk a harctereken.

**2. generáció** – érzékelőkkel ellátott aknák: működésüket különböző, pl. mozgásérzékelő, mágneses vagy infravörös szenzorok váltják ki; már képesek járművek vagy emberek közeledését érzékelni és a megfelelő időpontban a szerkezetet robbantani.

**3. generáció** – intelligens aknák: a céltárgyat érzékelő mechanizmusokon felül programozható önmegsemmisítő vagy önsemllegesítő rendszerekkel is rendelkeznek. Egyesek képesek lehetnek a saját (baráti) erő azonosítására. Céljuk egyrészt a humanitárius kockázatok csökkentése (például időzített deaktiválás),<sup>1</sup> másrészt pedig a harctevékenységek dinamikájának fokozódásával biztosítják, hogy az általunk letelepített robbanó műszaki záruk a támadót feltartóztassák, de a saját ellentámadásunk során már ne jelentsenek akadályt a csapataink számára.

**4. generáció** – hálózatba kapcsolt aknák: digitális kommunikációval rendelkeznek, az operátor által kialakult harc-helyzetnek és az elérendő célnak megfelelően, távolról

irányíthatók. Ezek már részei lehetnek egy integrált hadviselési rendszernek.

Az egyes szakaszokban közös az, hogy az aknák alkalmazása és az ellenük folytatott ellentevékenység egyaránt az összefegyvernemi harc (hadművelet) szerves



részeivé váltak a világ minden hadseregében. Ugyanígy a műszaki csapatok is nélkülözhetetlen elemeivé váltak a harcrendnek, és mint ilyeneknek, a feladataikat a harcszabályzatok rögzítik.

A jelen cikk terjedelme nem teszi lehetővé az összes, eddig még nem tárgyalt robbanó műszaki harcanyag tételes bemutatását, ezért ebben az anyagban csak pár olyan „sarokpontra” összpontosítunk, amelyek jelentős új fejlesztést indítottak el a megjelenésükkel.

A folyóirat tavaly év végén megjelent tematikus különszámában közölt cikkben olvasható egy rövid összefoglaló a II. világháború befejezése utáni aknafejlesztésekről. [2; 59–60.] Aki a témáról bővebb információkhoz kíván jutni, azt megteheti például egy, a Zrínyi Miklós Katonai Akadémián korábban kiadott jegyzetből. [3]

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

<sup>1</sup> A fegyveres konfliktusok során letelepített, majd a harcok befejezését követően hátrahagyott – főleg gyalogság elleni – aknák, aknamezők ma is nap mint nap szedik ártatlan áldozataikat a civil lakosság körében. Utólagos felkutatásuk mellett, hogy veszélyes, hatalmas idő- és anyagi ráfordításokat követel. Bővebben lásd: [20][21][22][23]



## GYALOGSÁG ELLENI AKNÁK FEJLŐDÉSE A II. VILÁGHÁBORÚ UTÁN

A német Smi 35 „Springmine” gyalogság elleni ugró repeszakna szolgált mintául az 1951-ben megjelent szovjet OZM–3 és OZM–4 aknához, továbbá a német DM 31, az amerikai M2, majd kicsit később az ugyancsak amerikai M16 ugróaknához.<sup>2</sup>

A gyalogság elleni taposóaknák terén az 50-es években látszólag nem sok változás történt, egyedül a Szovjetunióban készült el a PMN típusú akna. (2. ábra) Azonban ez vált a műanyag testű taposóaknák mintájává a Föld számos országában (a magyar Gyata–64 is ezek közé tartozott), és azóta is ezek az aknák jelentik az egyik legtöbb problémát a konfliktusövezetek országaiban. Az aknakereső műszerek számára szinte „láthatatlan” ilyen típusú aknák okozta tragédiák vezettek aztán az ottawai egyezmény megszületéséhez.<sup>3</sup>

A szovjet POMZ-hoz hasonló fix telepítésű, botlódrótos, körkörös hatású repeszaknák (cövekaknák) nagy nemzetközi „karriert” futottak be. Szinte minden ország hadserege fejlesztett és hadrendbe állított ilyen jellegű aknákat. (2. ábra) „Sikerességüket” mutatja, hogy ezek és az általuk okozott békeidőszaki aknabalesetek voltak az ottawai egyezmény létrejöttének másik kiváltó okai.

Franciaországban azonban a gyalogság elleni repeszaknák fejlesztése az irányított repeszaknák felé mozdult el. Ennek

oka, hogy a világháború alatt a német hadseregben – többek között – a robbanás irányított hatásának elvén működő harcanyagok fejlesztésében is kiemelkedő szerepet játszó német fizikus, Hubert Schardin professzor, elfogadva a francia kormány meghívását, 1945. augusztus 1-jén 32 másik német tudóssal együtt francia köztisztviselő lett. 1946-ban a berlini Ballisztikai Intézet laboratóriumának személyzetével és felszerelésével együtt a franciák áttelepítették Saint Louis-ba. Így nem tekinthető véletlennek, hogy 1947-ben Franciaországban készítettek először egy ilyen aknát. Az irányított hatású gyalogság elleni repeszakna első alkalmazói mégis az amerikaiak lettek az 1950-es évek elején, a koreai háborúban. A francia modellhez hasonló amerikai változat csak 1953-ra készült el. Az azóta is az egyik „mintának” tekintett M18 Claymore akna (4. ábra) első harctéri alkalmazására Vietnámban került sor 1961-ben. (Az akna működését szemléltető videó a QR-kód beolvasása után megtekinthető.)

Az irányított repeszaknák fejlesztése ezt követően két irányban folyt. A Claymore-rendszerű aknák viszonylag kis távolságra, de széles sávban fejtették ki hatásukat, mint védőkörleteket biztosító műszaki harcanyagok. Ilyen a svéd FFV 013, az osztrák Dynamit Nobel Graz APM 19 és 29, vagy a volt Jugoszláviában gyártott MRUD repeszaknák.<sup>4</sup> A szovjet hadiipar a támadó harc elődlegességét hirdető hadászati



2. ÁBRA. PMN típusú orosz műanyag testű gyalogság elleni taposóakna [4]

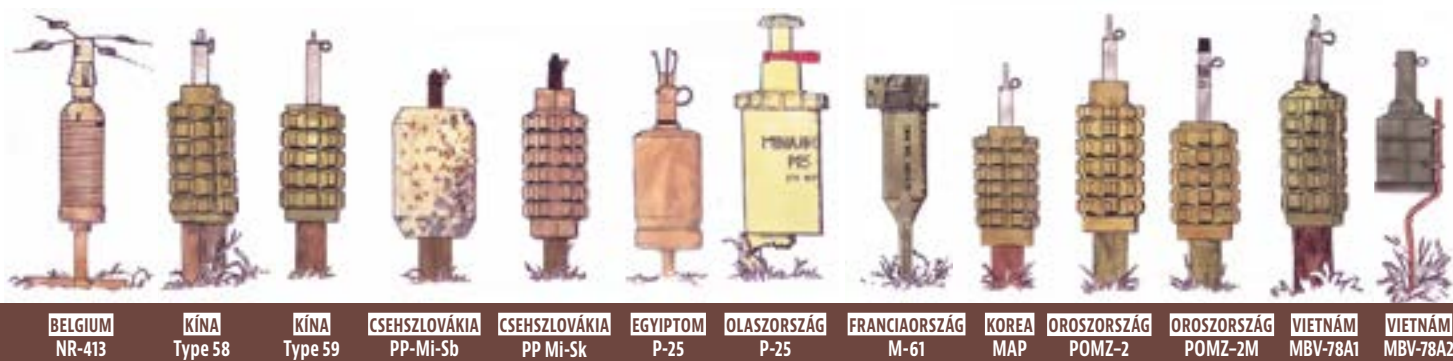


A Claymore akna működése

<sup>2</sup> Az Akna kisenciklopédia 21 féle gyalogság elleni ugró repeszaknát mutat be. [5; 145–166.]

<sup>3</sup> Az Akna kisenciklopédia 46 féle műanyag testű gyalogsági taposóaknát mutat be. [5; 71–122.]

<sup>4</sup> Az Akna kisenciklopédia 11 fajta ilyen jellegű aknát mutat be. [5; 167–182. o.]



3. ÁBRA. Fix telepítésű, körkörös hatású gyalogság elleni repeszaknák [6; 12.]

doktrínájából fakadóan kezdetekben a nagy távolságba ható, viszont keskenyebb „szórási” képességű MON-100<sup>5</sup> és MON-200<sup>6</sup> aknákat gyártotta, elsősorban szűkebb terepszakaszok lezárására. Csak később jelentek meg az orosz haderőben is a védelmi célú, a Claymore-hoz hasonló, széles sávban működő MON-50 és MON-90 repeszaknák.

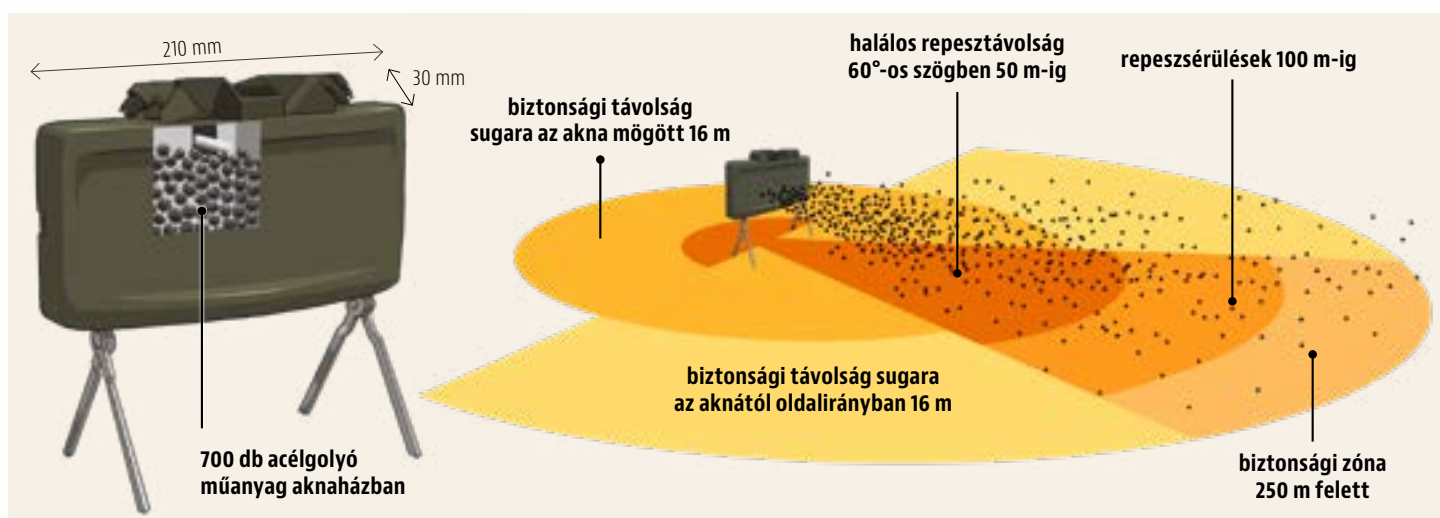
A hatvanas évek közepéig az Amerikai Egyesült Államokban és jó néhány nyugati ország hadseregében a gyalogság elleni aknák fejlesztése háttérbe szorult. Mivel hadműveleti szempontból a fő csapásmérő erőnek a páncélozott harcjárműveken szállított gépesítettlövész-erők által támogatott harcokcsikat tartották, a gyalogság elleni aknáknak elsődlegesen a harcokcsi elleni aknamezők védelmének szántak szerepet. A vietnámi háború viszont teljesen új körülményeket teremtett. Az ellenség nem rendelkezett harcokcsikkal és egyéb nehéz fegyverekkel, ezt viszont aktív gyalogos harcmoddral és partizánakciókkal ellensúlyozta. Ezért aztán az 1960-as évek második felében új lendületet kapott a gyalogság elleni, ezen belül is a taposóaknák fejlesztése. A kidolgozói munka két irányban indult el: egyrészt az aknák méreteinek csökkentése, másrészt a távaknásítási (akkor még helikopterről történő légi aknaszórás) lehetőségek biztosítása felé.

4. ÁBRA. M18A1 Claymore gyalogság elleni irányított repeszakna [7]

Az aknák méreteinek csökkentésénél a „humánus aknák” létrehozása volt a hivatalosan közzétett cél. A valóságban ezektől a kis töltetű aknáktól, amelyek valóban nem pusztították el, csak harcképtelenné tették az ellenséget, az alábbiakat várták:

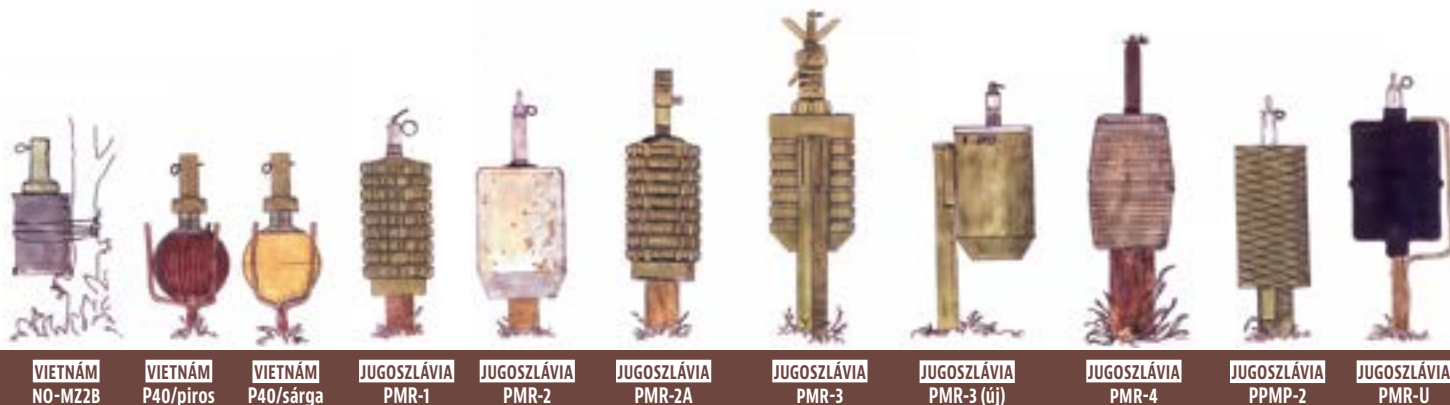
- az előállítás költségeinek csökkentése;
- a telepítő eszköz szállítóterében elhelyezhető aknák mennyiségének növelése;
- az aknasűrűség növelése egy adott területen, ezáltal az ellenség veszteségeinek fokozása;
- a sok súlyos sérülés a harcoló katonákban növelje az „aknapánikot”, ezáltal rombolja a harci morált;
- az aknák felderítésének és felszedésének megnehezítése;
- a sérült katonák ellátása, szállítása az ellenfél logisztikai rendszerét a korábbiakhoz képest nagymértékben leterheli;
- a szemben álló fél államháztartása számára a súlyosan sérült, rokkant emberekről való gondoskodás mértéken felül anyagi és egészségügyi terhet jelent;
- az aránytalanul nagyszámú sérült, meggyomorodott ember a hadban álló ország lakosságát morálisan a háború ellen fordítja;
- az aknák kis mérete egyben megkönnyíti a második cél teljesítését, a távaknásító eszközökkel való célba juttatást.

Az első kis méretű gyalogság elleni taposóaknák még kézi telepítésűek voltak. Ezek közül megemlíthetők az amerikai M14 (átmérője 56, magassága 40 mm, a tetriltöltet tömege 28,35 gramm) és M25 aknák (A5 hexogén robbanóanyaga 9,45 gramm), valamint a brit 6Mark1 (140 gramm trotiltöltettel), 7Mark1 és 5Mark1 típusúak. Az ottawai egyezmény



<sup>5</sup> MON-100 repeszeinek hatása: 100 m távolságban 9,5 m.

<sup>6</sup> MON-200 repeszeinek hatása: 200 m távolságban 14,5 m.



betiltotta ezeknek az aknáknak az alkalmazását, az Amerikai Egyesült Államokban (az ország nem írta alá az egyezményt) azonban még mindig rendszerben van az M14 típusú (5. ábra) azzal a megjegyzéssel, hogy egyedül a két Koreát elválasztó határvonal mentén telepítették, a szintén betiltott M16 ugró repeszaknával együtt. [8; C2 5–3-tól 5–4-ig.]

### HAGYOMÁNYOS HARCJÁRMŰ ELLENI AKNÁK FEJLŐDÉSE

A harckocsi elleni aknák esetén a háború utáni fejlesztéseknél prototípusként tekintettek a német lánctalp elleni, nyomásra működő Tmi 42 aknára. Ennek mintájára készült el 1949-ben a Szovjetunióban a kör alakú, fémtestű TM-46 akna, 1953-ban az USA-ban az M15 (majd később ennek modernizált, kisebb változata az M6A2), a brit Mark 7 és végezetül a francia Mod 47 és Mod 48 aknák. Hatékonyságukat nem kérdőjelezte meg senki, ugyanakkor a katonai vezetés egyre erősebb nyomást gyakorolt a fejlesztőkre, hogy az aknamezők telepítésének munkaigényét csökkentsék a végrehajtás idejével együtt. Így kezdődött el az 1960-as évek elején a gépi aknatelepítés kialakulása. Már a II. világháború tapasztalatai megmutatták – különösen a keleti fronton a szovjetek által alkalmazott mozgó-záróosztatok –, hogy a harc folyamán az ellenség kibontakozó páncélos támadásainak irányában letelepített harckocsi elleni aknamezők 2–5-ször is hatékonyabbak lehetnek, mint a harc megvívásának előkészítési időszakában létrehozottak. Nem véletlen, hogy a szovjet fejlesztők voltak azok, akik a korábbi egyszerű aknacsúzdák helyett már az '50-es évektől megjelentek a PMR-1, -2 és -3, majd a PMZ-4 vontatható aknarakóval. Ez utóbbi két eszköz már képes volt élesíteni is az aknákat, és az előre beállított 4,0 vagy 5,5 m távolságra kirakni a föld felszínére, vagy eltelepíteni a föld alá. Ehhez természetesen új akna – a TM-57 – és új, óraműves késleltetésű aknagyújtó is kellett, ez volt az MVZ-57. A vontatható aknarakók mellett kifejlesztették a lánctalpas alapgépre szerelt ön-

járó, páncélvédett változatot is, a GMZ-t.<sup>7</sup> Nagy Britanniában 1969-ben jelent csak meg a hasábaknát telepítő vontatott utánfutó, az USA-ban 1972-ben az M57 aknatelepítő, míg Franciaország 1977-ben állította rendszerbe a saját gépi aknatelepítőjét. Azóta is fejlesztenek ki új, általában vontatható utánfutóként működő aknarakókat, hogy csak a svéd FFV-028 típusú akna telepítésére szolgáló FFV 5821 és az ennek alapján fejlesztett német MIVS 85 aknatelepítőket említsük.

Az 1960-as évek másik nagy változása – a vas- és fémdetektorok széles körű elterjedése következtében – olyan aknák kifejlesztése jelentette, melyek egyáltalán nem tartalmaztak fémet. Egy időre visszatértek még a fatestű aknák is, és egyre korszerűbb műanyag aknák terjedtek el. A fejlesztők egészen odáig mentek, hogy már a gyújtószerkezetekben sem volt fém a gyutacsot kivéve: úgynevezett vegyi gyújtást alkalmaztak.<sup>8</sup>

Az aknamező egy kilométerre jutó aknák számának csökkentése is célkitűzés volt ebben az időben. Ezt a célfelület megnövelésével lehetett elérni, vagyis azzal, hogy nemcsak a harcjárművek lánctalpa alatt, hanem a jármű teljes szélességében ható aknákat kellett kifejleszteni. Ezáltal a szükséges aknamennyiség a lánctalp elleni aknákhöz képest mintegy 1/3-ára csökkent. Ezt kezdetben a kumulatív hatású, döntőpálcás gyújtójú aknákkal oldották meg (pl. az orosz TMK-2 és TM-72, vagy az amerikai M21). Később, a technológiai fejlődés lehetővé tette a 3. generációs, a mágneses erőtér változására működő aknagyújtók segítségével (pl. a svéd FFV 028) a döntőpálca kiküszöbölését.

A hagyományos harcjármű elleni aknánál feltétlenül meg kell emlékeznünk az 1960-as évek magyar fejlesztésű aknájáról, az UKA-63-ról, és megalkotójáról Czapek Béla mk. alvezredesről. Csapody Tamás vele készült riportja alapján idézzük fel munkásságának legfontosabb részleteit.

„A szovjetek baráti segítségnyújtásnak vették, ha leköppintottuk az aknáikat [TM-41 fém- és TMDB fatestű aknák]. Ezzel ők meg tudták gyorsítani, hogy a magyar

5. ÁBRA. Amerikai M14 gyalogság elleni taposóakna [9]

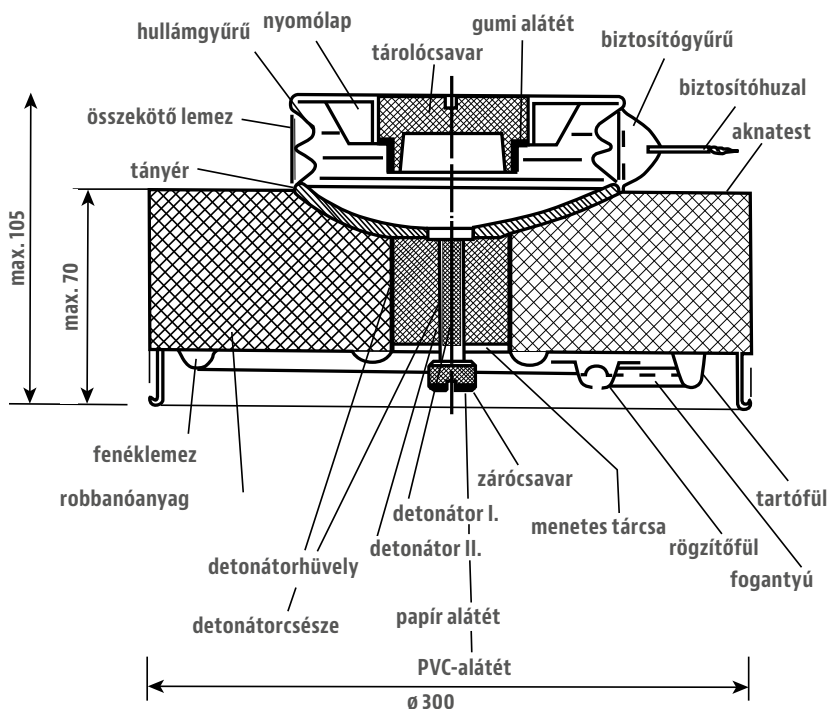


<sup>7</sup> Az orosz haderőben továbbra is rendszerben tartják ezt az eszközt, amelynek modernizált változatáról Kovács Zoltán cikkében olvashatók részletek. [10; 33–35.]

<sup>8</sup> A szintén műanyagból készült gyújtószerkezetbe egymástól elkülönítve elhelyeztek két olyan vegyi anyagot, melyek összekeveredve öngyulladásra voltak képesek. Ezek közül az egyik magában a gyújtószerkezet-házban, a másik pedig azon belül üvegfialában (fiolákban) volt. Amikor a harcjármű rátaposott az aknára, az üveg szétört, és a létrejövő keverék meggyulladva elindította az akna gyutacsát, kiváltva ezzel a robbanást.



MIVS 85 aknatelepítő



6. ÁBRA. UKA-63 harcjármű elleni akna [12; 61. 35. ábra]

hadsereg minél előbb hadra fogható legyen, ne nekik kelljen ellátni bennünket. Itthon a hadipart igen nagy mértékben fejlesztették, és nagyon sok pénz ment bele. A feladat az volt, hogy korszerűsíteni kellene a harcokosiaknát, így ebbe az irányba tereltem az érdeklődésemet. De a kérdés megint az volt, hogy merre induljak el?! A régi aknákkal én nem foglalkoztam, gyártásuk már nem ment, leálltak róla. Azt mondták, hogy a problémákat oldjam meg. [...] Ez idő tájt megjelentek a szovjet aknatelepítő eszközök! Jött a PMR-3 aknatelepítő. Az új aknáknak egységes méretűnek kellett lenniük. A szovjetek nagyon precízen megadtak minden adatot, hogy az akna csereszabatos legyen. Az aknát élesítő, a gyújtóban lévő időzítő órát azonban nem akarták átadni. A szerződéseket már megkötöttük, az aknát csinálni kellett, de időzítő nélkül nem tudtuk elkezdni a munkát. E nélkül, a robbanásveszély miatt, az akna gépi telepítése lehetetlen volt. Mit csináljunk? A csereszabatos aknába csak a szovjethez hasonló gyújtót lehet még beépíteni, ettől nem lehet nagyon eltérni. Szentendrén, személyes kapcsolatokon keresztül sikerült szerezni egy óraszerkezetes szovjet aknát, amit minden szempontból bemértünk, tulajdonképpen lekoppintottunk.<sup>9</sup>

A kumulatív töltetknél van néhány alapszabály, melyet be kell tartani. A telepítő-gép adta méretek mellett követelmény volt, hogy csak TNT lehet a robbanóanyag. Az aknának a fenékpáncél és a lánctalp ellen egyaránt hatásosnak kellett lennie. A lánctalp rombolására elég lett volna 4–5 kilogramm robbanóanyag, a fenékpáncél miatt azonban 15 kilogramm TNT kellett volna. Ez pedig a szelvénybe nem fért be. Így csak a kumulatív megoldás jöhetett szóba. A telepítő-gép miatt a megadott méretektől azonban nem lehetett eltérni. Ezért a már ismert kúp vagy félgömb alakú

betéteket, a méretük vagy a kis átütésük miatt nem lehetett használni. Ekkor merész ötlettel egy lapos tányér alakú betétet terveztem, mely egyszerű TNT robbanóanyaggal már először olyan átütést adott, hogy ezzel a harcászati műszaki követelmények legnehezebb részét azonnal teljesíteni tudtam. Ez a forma nem is változott. Mint később kiderült, a kényszerítő körülmények hatására újra feltaláltam a »trotilágyúnak« nevezett töltetet, mely a kumulatív hatás szélső esete. A német Soldat und Technik című folyóiratban találtam egy 1975-ös cikket, ami leírta a második világháborús aknákat. Más nyugati folyóiratokból kiderült, hogy a második világháborúban egyedül a magyar hadseregnek volt fémmentes kumulatív lánctalp elleni és fémbetetes oldal elleni aknája. Ezeket az aknákat Misnay József hmtk. őrnagy tervezte, aki a HTI-ben szolgált a háború alatt és után is, körülbelül 1949–51-ig.” [11; 134–135.]

Világviszonylatban is kuriózum volt az így elkészült új akna (6. ábra), mivel a hozzá kifejlesztett négy csereszabatos gyújtószerkezetétől függően különböző feladatokra lehetett használni. A legegyszerűbb (és legolcsóbb) műanyagból készült EBG-68 (egyszerű beforduló) gyújtóval, kézzel történő aknatelepítésre használható lánctalp elleni akna volt. Az orosz MVZ-57 óraműves gyújtóval alkalmazható vált a gépi aknatelepítésre, szintén lánctalp elleni aknaként. Ugyancsak lehetett géppel is telepíteni az atombiztos óraműves gyújtóval (AOG-69). Ebben az esetben azonban, a szintén nyomásra működő aknaként történő alkalmazáskor a robbanószerkezet rogyófedeléről nem távolították el a biztosító fémgűrűt (lásd a 6. ábrát), így a sokkal kisebb felületű gyújtóba épített „rogyófedél” lenyomása aktiválta az aknát. Az előnyt az jelentette, hogy ez a kisebb felület sokkal ellenállóbbá tette az aknát a robbanási lökéshullámmal szemben. És ez nem is az „atomrobbanás” kivédeése szempontjából jelentett nagy előnyt, hanem a robbantásos átjárónyitás nyújtott tölteteivel szemben. A leírása szerint az akna biztosítógyűrű nélkül 70–140 kPa (0,7–1,4 kp/cm<sup>2</sup>), míg biztosítógyűrűvel 1500–2000 kPa (15–20 kp/cm<sup>2</sup>) túlnyomásnak tudott ellenállni.

Ahhoz, hogy egy kumulatív aknával ki lehessen használni a szerkezetéből fakadó előnyt, vagyis hogy a harcjármű teljes szélességében ható harcanyag legyen, az egyszerű nyomásra működő gyújtók nem alkalmasak. Ezért Czapek egy döntőpálcás gyújtókészülék is fejlesztett az aknához, a DPG-66 típusú gyújtót. A Haditechnikai Intézet által az 1990-es évek közepén, a Magyar Honvédségben rendszeresített aknák hatásairól készített oktatófilmben bemutatott kísérlet során a T-55 harckocsi alatt (villamos gyuttaccsal) robbantott UKA-63 akna 60×90 mm-es ellipszis alakban átszakította a fenékpáncélt, továbbá kilyukasztotta az olajteknőt és a kipufogócsövet. Ugyancsak igazolást nyert, hogy az akna kumulatív töltete képes körülbelül 50 mm átmérőben 40–50 mm vastag páncél átütésére. [13]

A katonai fejlesztőmérnök, Czapek Béla szakmai munkásságát a civil szakmai élet is elismerte, amikor a Magyar Robbantástechnikai Egyesület a legmagasabb kitüntetését, a Weindl Gáspár-díjat adományozta részére 2012-ben.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Egy szovjet műszaki zászlóalj állomásozott ott egészen 1990-ig, a szovjet katonai alakulatok magyarországi kivonulásáig. A laktanya azóta is ott árvalkodik elhanyagoltan, gazdátlanul a „Dunakanyar kapujában”, a városba vezető 11. út jobb oldalán.

<sup>10</sup> <http://mare.info.hu/hu/weindl-gaspar-dij>

Az olcsón és nagy tömegben előállítható hagyományos harcjármű elleni aknák ma is fontos részét képezik a robbanó műszakizár-rendszereknek.<sup>11</sup> A már említett, az orosz–ukrán háborúban alkalmazott aknákról szóló cikkben olvasható, hogy még mindig mindkét fél telepíti a TM–62 típusú aknákat. [2; 60–63.] A Defense Express 2025. május 1-jén közzétett híre szerint Ukrajna új, TM–62 akna hasonmás fémtestű műszaki harcanyag gyártásába kezdett, TM–2025 néven. Az aknához kifejlesztett új MPEM–1 gyújtó egyes alkatrészeit 3D-s nyomtatással készítik. [14]

Az orosz–ukrán háború kapcsán magát fenyegetettnek érző Lengyelország az Oroszországgal és Belorussziával közös, mintegy 700 kilométeres határszakaszain erősítési rendszer kiépítését kezdte el. A *Keleti Pajzs* projektet Donald Tusk lengyel miniszterelnök 2024. május 18-án jelentette be nyilvánosan Krakkóban. Ezen belül a nem robbanó záruk mellett aknamezőket is telepítenek, és ebben komoly szerepet szánnak a még korábban, az orosz TM–62P3 mintájára készült MPP–B „Wierzba” hagyományos, kézzel és géppel telepíthető harcokciaknájuknak. A szélesebb magyar szakmai közönség először a C+D '93 haditechnikai kiállításon találkozott ezzel a műanyag testű műszaki harcanyaggal, melynek átmérője 320 mm, magassága 128 mm. A 9,7 kg össztömegből 8,1 kg a trotil robbanóanyag tömege. Gyújtója az MVZ–57, később az MVCs–62 óraműves késleltetésű, nyomásra működő mechanikus gyújtó. [15; 5–6.] A BELMA cég a mai napig rendszerben lévő aknához kifejlesztette a ZN–97 mágneses gyújtót, mely alkalmazható minden hagyományos, TM–62-jellegű aknába úgy kézi, mint gépi telepítéshez. A gyújtó, a telepítési helyszín mágneses terének 0,5 m-es környezetében, a harcjármű fémteste okozta változás hatására robbantja a harcanyagot. [16] Jogosan merül fel a kérdés: egy lánctalp elleni, nem kumulatív töltetű aknához miért érdemes olyan gyújtót kifejlesztetni, mely által az a harcjármű teljes szélességében hat? A választ a Haditechnikai Intézet műszaki szakemberei által fentebb már említett, 1990-es években készített oktatófilmben találjuk. Ebben egy T–55 típusú harckocsi alatt felrobbantottak egy egyébként lánctalp elleni, nyomásra működő bolgár TM–62P3 típusú műanyag testű aknát. A 6,5 kg tömegű trotiltöltet egy 600 mm átmérőjű, 60 mm mély benyomódást okozott a haspáncélon, viszont a belső térben leszakadtak a motor tartóbakjai és a sebességváltó leszorító csavarjai. Ezáltal a harckocsi harcképtelenné vált. [13] Így az egyébként olcsón és tömeges mennyiségben előállítható lengyel akna, melyben a robbanóanyag mennyisége több mint másfél kilogrammal haladja meg az orosz TM–62P3 aknában található töltet tömegét, eredményesen képes a támadó harckocsik megállítására. Ennek előnye pedig, hogy a mágneses gyújtóval már nemcsak a lánctalpak, hanem a harckocsi teljes szélessége „célfelületté” vált, könnyen belátható a HT különszámában megjelent, *Átjárónyitás az aknamezőkön az orosz–ukrán háborúban* című cikkben is bemutatott példa alapján. Egy T–72 harckocsi esetén, egy

hagyományos, nyomásra működő akna számára a két lánctalp  $2 \times 0,58 = 1,15$  m szélességet jelent. A teljes szélességben ható aknáknál ugyanez az érték az eszköz szélessége, azaz mintegy 3,4 m. Ezáltal a rohamozó páncélos eszközök 80%-os elméleti megsemmisülési valószínűségéhez szükséges, ún. „egyes sűrűség” eléréséhez az egy kilométeren letelepítendő 1000 db nyomásra működő lánctalp elleni akna száma a harmadára csökkenthető ugyanolyan hatékonyság mellett, vagyis elegendő 330 darab is. [17; 85.]

A lengyel kormány *Keleti Pajzs* védelmi programjának teljesítéséhez nagyszámú és jelentős kiterjedésű harcjármű elleni aknamezők telepítésére is szükség lesz. Ennek során megint előtérbe kerülnek a Wierzba aknák is, melyek valóban nem a legmodernebb aknatípusnak számítanak. Ugyanakkor az orosz–ukrán háború bebizonyította, hogy az orosz védelmi rendszer kiépítése során is hatalmas mennyiségben használták a régi, de olcsó, könnyen telepíthető és megbízhatóan működő TM–62 típusú aknákat, és ezek jelentős szerepet játszottak a 2023-as, nyár eleji ukrán elmentámadás elhárításában. A kézi aknatelepítésnek azonban jelentős a munkaerő- és az időszükséglete. A gépi aknatelepítés a fent említett PMR–3 vontatható aknatelepítő utánfutó, majd azok későbbi modelljei segítségével jelentősen meggyorsítja ezt a folyamatot. Ez volt az oka annak, hogy az 2025-ös kielcei haditechnikai kiállításon megjelent a PeX Defence Polska<sup>12</sup> és a Józef Kosacki professzorról elnevezett Wojskowy Instytut Techniki Inżynieryjnej (WITI)<sup>13</sup> által közösen kifejlesztett ZUMP aknatelepítő műszaki jármű. A ZUMP az alábbi fő komponensekből áll: egy, akár 200 aknát befogadni képes tárolórekeszből, egy automatikus szállítószalagból, egy operátorasztalból, egy, az aknák felszín alatti telepítésére szolgáló ekeszerkezetből és egy áramfejlesztőből. A folyamat teljesen automatizált, az operátor szerepe csupán az akna biztosítóságának eltávolítására és a vezérlőkonzol figyelésére korlátozódik. A szállítószalag az egyes aknákat a tárolórekeszből a teleszkópos szalagra szállítja, amely a kiválasztott beállításoknak megfelelően a munkaterületre továbbítja azokat. A rendszer két fő üzemmódot kínál. Az elsőben a telepítőeke leereszkedik és egy árkot készít, amelybe az akna kerül, majd azt földdel borítja. A másodikban az eke felemelkedik, lehetővé téve a földfelszíni telepítést. Az aknák közötti távolság az előre beállítottnak megfelelően automatikusan szabályozódik. Egy kiegészítő hajtómű biztosítja az energiát a hidraulikus alkatrészekhez, javítva a rendszer megbízhatóságát és a működés folytonosságát. A TM–62M és az MPP–B Wierzba harcjármű elleni aknák, valamint más hasonló modellek telepítésére tervezett ZUMP felszerelhető egy közepes kategóriájú, legalább 3,5 tonna teherbírású 6×6-os teherautó alvárra, például a Star 266M2-re. Az integrált szállítási és telepítési képességei lehetővé teszik a gyors bevetést, és minimalizálják a kezelők igénybevetését, mivel a személyzet feladata csak az eszköz működésének felügyeletére korlátozódik. A nagy tárolókapacitás és az automatizált szállítómechanizmus

<sup>11</sup> Az Akna kisenciklopédiában 59 db hagyományos (döntően lánctalp elleni) harcjármű elleni akna leírása található. [36; 184–246.]

<sup>12</sup> A cég alapvetően áramfejlesztők, nagy teljesítményű szivattyúk és speciális konténerek gyártásával foglalkozik, de a katonai fejlesztő intézetekkel közös projektek keretében a lengyel fegyveres erők részére is készít eszközöket.

<sup>13</sup> Katonai Műszaki Technológiai Intézet.

kombinációja alkalmassá teszi a rendszert nagyméretű robbanózárak gyors létrehozására. [18] Az eszközről elég kevés információ látott eddig napvilágot. A képekből azonban az is kiderül, hogy azt egy konténeralapra építették, így függetleníthető az alapjárműtől. (1. ábra) Annak meghibásodása esetén könnyen átszerelhető egy másik tehergépjárműre, hiszen önálló energiaellátással rendelkezik, ilyen tekintetben is független berendezés.

Azt, hogy a lengyel fegyveres erők milyen fontosságot tulajdonítanak a járműnek, az is bizonyítja, hogy a fejlesztőket „Defender Awards” elismerésben részesítették. [19]

Magyarországon a cikkben bemutatott UKA-63 aknákat a Magyar Honvédség 2000-ben kivonta és leselejtezte (260 000 db). Az aknákra előírt 20 év szavatossági idő lejárt, az akna legfiatalabb szériája is 1973. évi gyártású volt. A végrehajtott vizsgálatok megállapították, hogy rendeltetészerű használatra már nem voltak alkalmasak. Elváltozások mutatkoztak a robbanóanyagokon és az aknatesteken is. Az akna eredeti gyártója, a Mechanikai Művek Speciális Divíziója, a korábban kivont közel 360 ezer darab Gyata-64 gyalogság elleni taposóaknákhöz hasonlóan, a szétszerelést követően a trotil robbanóanyagot megtisztította a kémiai stabilitást csökkentő bomlástermékektől, majd azt egy új, általa kifejlesztett ipari robbanóanyagban,

a TAMMONIT-ban használta fel. [24] Azóta ezt az üzemet felszámolták.

Az orosz–ukrán háború bebizonyította, hogy a hagyományos, elavultnak tartott lánctalp elleni aknáknak továbbra is fontos szerepe van a védelmi harcban. „High tech” eszközökkel precíziós csapásokat lehet mérni az ellenséges harcjárművekre és a stratégiai fontosságú célpontokra. Több tíz vagy akár több száz kilométer széles terepszakaszokat azonban csak fizikai, ezen belül olyan robbanó műszaki zárral lehet megvédeni, melyek tömeges mennyiségben, gyorsan és olcsón állíthatók elő. Az Ukrajnában dolgozó tüzészek részére készült 2024-es kiadványban, amelybe csak a harctéren már előtalált robbanószerkezetek főbb adatait gyűjtötték össze, húszféle hagyományos harcjármű elleni aknát találunk. [25; 70–80.]

A II. világháborút követően, az aknák fejlesztésénél megjelentek a robbanási hatás irányíthatóságát használó új műszaki harcanyagok. A gyalogság elleni irányított hatású repeszaknák mellett a harcjárművek fenékpáncélját átlyukasztani képes, kumulatív töltetű aknák is rendszerbe álltak a világ haderőiben. A cikksorozat következő részében viszont egy egészen új fajtáját mutatjuk be a páncélosok elleni robbanó műszaki harcanyagoknak: az oldal elleni aknákat. ■

(Folytatjuk)

## HIVATKOZÁSOK

- [1] Lukács László: A kőszóró aknáktól az intelligens szárazföldi aknáig IV. rész. Aknafejlesztés Magyarországon és a robbanó műszaki záruk hatékonysága. *Haditechnika*, 2025/6, 2–8. DOI: 10.23713/HT.59.6.01
- [2] Lukács László: Az orosz–ukrán háborúban alkalmazott aknák és aknatelepítési eljárások. *Haditechnika*, 2025, különszám, 58–69. DOI: 10.23713/HT.59.K.09
- [3] Lukács László: Idegen hadseregek műszaki zárai, műszaki záró és átjárónyitó eszközei, lehetőségei – akadémiai jegyzet. Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Műszaki tanszék, Budapest, 1992. [https://drive.google.com/file/d/1jqMxNC\\_7ZSmjwZRkj-k6tTfUeW4GBl\\_3/view](https://drive.google.com/file/d/1jqMxNC_7ZSmjwZRkj-k6tTfUeW4GBl_3/view)
- [4] Фу́гасная противопехотная мина ПМН (1950г.) <http://war-russia.info/index.php/nomenklatura-vooruzhenij/445-sukhoputnye-vojska/inzhenernaya-tekhnika/protivopekhotnye-miny/3061-fugasnaya-protivopekhotnaya-mina-pmn-1950g> (Letöltve: 2025.05.14.)
- [5] Tóth József – Lukács László – Volszky Géza: Akna kisenciklopédia. Tudománymenedzsmentért, Tudás Alapú Technológiákért Alapítvány, Tercia Print Kft. Budapest, 2012.
- [6] King, Colin (szerk.): *Jane's Mines and Mine Clearance 1999–2000*. Jane's Information Group, Coulsdon, UK, 1999.
- [7] Claymore mines: Ingenious and deadly. *BBC NEWS Thursday, 15 June 2006* [http://news.bbc.co.uk/2/hi/south\\_asia/5082788.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/south_asia/5082788.stm) (Letöltve: 2025.10.02.)
- [8] FM 20–32. *Mine/Counter Mine Operations*. Headquarters, Department of the Army, Washington, D.C. 2002.
- [9] Nevey, Sarah: Myanmar overtakes Syria and Ukraine in landmine deaths. *The Telegraph*, 2024.11.20. <https://www.telegraph.co.uk/global-health/terror-and-security/myanmar-syria-landmines-deaths-victims-war-ukraine/> (Letöltve: 2025.05.14.)
- [10] Kovács Zoltán: Aknatelepítés: Keleten a helyzet jelentősen megváltozott I. *Haditechnika* 2022/3, 31–38. DOI: 10.23713/HT.56.3.06
- [11] Csapody Tamás: Nem lehet kitérni a sors elől. *Új Honvédségi Szemle*. 2006/9, 130–138.
- [12] Kézikönyv a műszaki alegységek szakkiképzéséhez. *MN Műszaki Főnökség*, Budapest, 1984.
- [13] Aknák és hatásuk – oktatófilm. *MH Haditechnikai Intézet*. é. n.
- [14] How Ukrainian TM-2025 Mine Combines Innovation, 3D Printing to Counter Russian Armour. *Defense Express*, 2025.05.01. [https://en.defence-ua.com/weapon\\_and\\_tech/how\\_ukrainian\\_tm\\_2025\\_mine\\_combines\\_innovation\\_3d\\_printing\\_to\\_counter\\_russian\\_armour-14363.html](https://en.defence-ua.com/weapon_and_tech/how_ukrainian_tm_2025_mine_combines_innovation_3d_printing_to_counter_russian_armour-14363.html) (Letöltve: 2025.05.14.)
- [15] Lukács László: Műszaki zárral kapcsolatos eszközök, harceszközök és anyagok a C+D '93 és '95 kiállításokon. *Műszaki Katonai Közöny*, 1995. különszám, 4–48.
- [16] Magnetic fuse ZN-97. <https://www.belma.pl/en/products/special-products/electric-capacitor-igniters/magnetic-fuse-zn-97> (Letöltve: 2025.05.14.)
- [17] Lukács László – Tóth Rudolf: Átjárónyítás az aknamezőkön az orosz–ukrán háborúban. *Haditechnika*, 2025, különszám, 78–88. DOI: 10.23713/HT.59.K.08
- [18] MSPO 2025: Poland Focuses on Automated Minelayer ZUMP to Strengthen Battlefield Counter Mobility. <https://www.generator.pl/produkt/zump/> (Letöltve: 2025.05.14.)
- [19] <https://www.targikielce.pl/en/mspo/about-the-event/awards-and-prizes>
- [20] Lukács László: A Föld akna problémája és a megoldás lehetőségei, különös tekintettel a Magyar Honvédség közreműködésének javasolható irányaira I. *Műszaki Katonai Közöny*, 1998/1, 3–19.
- [21] Lukács László: A Föld akna problémája és a megoldás lehetőségei, különös tekintettel a Magyar Honvédség közreműködésének javasolható irányaira II. *Műszaki Katonai Közöny*, 1998/2, 3–16.
- [22] Lukács László: A Föld akna problémája és a megoldás lehetőségei, különös tekintettel a Magyar Honvédség közreműködésének javasolható irányaira III. *Műszaki Katonai Közöny*, 1998/3–4, 3–22.
- [23] Lukács László: Aknahelyzet Horvátországban és Bosznia-Hercegovinában. *Új Honvédségi Szemle*, 1999/1, 37–49.
- [24] Molnár László: Az MM TAMMONIT megnevezésű robbanóanyag és robbantótöltet család bemutatása, a Mechanikai Művek Rt. Speciális Divízió fejlesztési tevékenységének keretei között. *Műszaki Katonai Közöny*, 1996/4, 20–33.
- [25] Basic Identification of Ammunition in Ukraine V.7.0. English Edition, 2024.11.19. <https://ukr.bulletpicker.com/id-guides.html> (Letöltve: 2025.05.14.)



FARKAS ZOLTÁN\*

# LOGISZTIKAI SZAKTECHNIKAI ESZKÖZÖK EGYKOR ÉS NAPJAINKBAN

V. RÉSZ

## ÜZEMANYAG-SZÁLLÍTÓ ÉS -TÖLTŐ GÉPKOCSIK

**A** hadtápszolgáltatón belül fontos szerep hárul az üzemanyag-szolgáltatásra, amelynek szakanyagát a különböző típusú üzemanyag-szállító és -töltő gépkocsik képezték. Az Osztrák–Magyar Monarchia hadseregeiben, majd a Magyar Királyi Honvédségben a kezdeti gépesítési időszakban – a 20. század elején – szükség esetén országos járműveken<sup>1</sup> is szállítottak 200 literes üzemanyagot tartalmazó hordókat. A gépjárműállomány növekedésével a szállítást a Magyar Waggon és Gépgyár Rt. által gyártott Rába-V típusú 3–5 tonna teherbírású gépkocsik vették át.

A Magyar Királyi Honvédség, majd a Magyar Néphadsereg platós tehergépkocsijain a 200 literes acélhordókból a rakfelületen a málházasi utasításnak megfelelően 15 db-ot szállíthattak. Az erre a célra kialakított tartálygépkocsiban 3500 liter üzemanyagot tároltak, szállítottak. Hosszabb távolságra, nagyobb mennyiségű hajtóanyagot a 10–15–20 tonnás vasúti tartálykocsikkal szállították ki.

Nagy előrelépést jelentett a hadosztályokhoz rendszeresített Csepel B–350 típusú tartályautó, mely a beépített centrifugál szivattyúja segítségével 5 méter mélységű tar-

tályból is képes volt felszívni a hajtóanyagot. A szivattyú meghajtását a gépkocsimotor által meghajtott mellékajtóműről biztosították. A felépítmény hátsó részén elhelyezett kezelőszekrény egyszerre négy feltöltési lehetőséget biztosított.

A D–420 típusú üzemanyagtöltő gépkocsiból a Magyar Néphadsereg számára katonai festéssel kisebb darabszám készült. A tartálya ennek fektetett elliptikus henger alakú volt.

A D–346.00 típusú 4000 l-es üzemanyagtöltő gépkocsi a szárazföldi technikai eszközök tábori viszonyok közötti üzemanyag-ellátását végezte. Képes volt az üzemanyagok tartályokból történő átfertésére, vasúti tartálykocsikból történő lefertésére, valamint a haditechnikai eszközök egyedi vagy csoportos feltöltésére. Magasabbegységeknél (hadosztály, hadtest) és egységeknél (ezred, dandár, önálló zászlóalj) volt rendszeresítve. A 4×4 kerékképletű terepjáró gépkocsi képes volt a harc- és gépjárművek terepen történő feltöltésére is. A jármű festése, mint minden Csepel katonai jármű esetében, ún. tábori zöld, infravörös fényt elnyelő festék volt, még a keréktárcsák is ilyen színt kaptak.

1. ÁBRA. Csepel B–350 üzemanyag-szállító és -töltő gépkocsi (Forrás: HT archívum)

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

<sup>1</sup> Országos jármű (könnyű lovasszekér): a Honvédség málházasi rendjében egy vagy két ló erejével húzott szállító eszköz.





2. ÁBRA. Csepel D-346 középdómós üzemanyagtöltő gépkocsi (Forrás: HTarchívum)

Felépítménye a bázisjárműre telepített tartályból, szivattyúból, mérő- és csőrendszerből, illetve oldalszekrényekből állt. Az üzemanyag-szivattyú hajtását a mellékajtáson keresztül a járműmotortól kapta, amely a vezetőfülkéből volt kezelhető.

A henger alakú, belső rekeszes kialakítású tartály segédkerettel kapcsolódott az alvázhhoz. A dómfedél a tartály közepén helyezkedett el légző- és lefúvószeleppel, illetve tömlőcsatlakozóval. A tartály mindkét oldalán alumíniumlemezekből redőnyzárral készült szekrényeket alakítottak ki. Ezekben a tartozékokat, a különböző nagyságú és átmérőjű tömlőket, szerelvényeket, szakfelszereléseket tárolták. A szekrények elején, jobb és bal oldalon helyezték el a töltőberendezéseket, amelyek mindkét oldalon biztosították a hajtóanyag kiadását. Annak mennyiségét átfolyásmérő órákkal mérték. A töltő-ürítő berendezés üzemeltetését, kezelését a jobb oldali szekrényből végezték. A szekrények frontrészénél (a vezetőfülke mögött) mindkét oldalon létrákat helyeztek el, és a szekrények tetejére járólemezeket szereltek. A vezetőfülke hátoldalára 2 db munkalámpát rögzítettek az éjszakai munkavégzés biztosításához. Az árokáthidalást segítő híddeszakákat itt nem a vezetőfülke, hanem az oldalszekrény felső részén helyezték el. Az üzemanyag-főszűrőt a vezetőfülke és a tartály között építették be, a pótkerék mellett.

A felépítmény alatt, bal oldalon egy 150 literes tartályt helyeztek el motorolaj vagy egyéb kenőolajok szállítására. A felépítmény jobb oldalán egyszerre egy időben 20 db marmonkannát lehetett feltölteni 1 perc alatt.

Az 1,25 m<sup>3</sup>-es üzemanyag-szállító utánfutó volt az üzemanyagtöltő gépkocsi vontatmánya. A gépjárművek hajtóanyaggal történő ellátásának biztosítása érdekében

– figyelemmel a felhasználandó üzemanyag jellegére (gázolaj, benzin) – a gépkocsit a nagyobb mennyiségben felhasználandó hajtóanyaggal, az utánfutót pedig a másik típusú hajtóanyaggal töltötték fel.

A légielő légi járműveinek feltöltésére az AC-5,5-375 típusú, URAL-375D terepjáró tehergépkocsi-alváza épített üzemanyagtöltő és a TZA-7,5-500A MAZ gépkocsi alvázaon lévő üzemanyagtöltő felépítmény szolgált. [2]

### AC-5,5-375 TÍPUSÚ ÜZEMANYAGTÖLTŐ GÉPKOCSI

Az üzemanyagtöltő rendszer az URAL-375D típusú öszszszerék-meghajtású 6 × 6 kerékképletű, terepjáró tehergépkocsi alvására épült, amely V8 hengerelrendezésű, benzinüzemű, 133 kW teljesítményű, közepes teherbírású, csörlővel ellátott jármű volt. Rendeltetése a benzin-, a gázolaj- és a repülőpetróleum-szállítás, továbbá az átféjtés és a tábori körülmények közötti üzemanyag-feltöltés volt.

Az üzemanyagtöltő gépkocsival a következő műveletek voltak elvégezhetőek:

- a tartály feltöltése a szívócsonkon keresztül;
- szűrt üzemanyag kiadása a tartályból;
- üzemanyag-kiadás a tartályból, szűrő nélkül, a nyomócsonkon keresztül;
- idegen tartály töltése idegen tartályból;
- üzemanyag-keverés a saját tartályban;
- a tömlők ürítése;
- a tartály töltése idegen szivattyúval a nyomócsonkon keresztül;
- a tartály ürítése szabadeséssel a nyomócsonkon keresztül;
- üzemanyag-kiadás a tartályból idegen szivattyúval;
- a tartály ürítése szabadeséssel a szívócsonkon keresztül.

Az üzemanyagtöltő gépkocsi a következő fő részekből áll: a tartályból, az üzemanyag-rendszerből, a pneumatikus és elektromos rendszerből, illetve a hátsó és oldalsó szekrényekből.

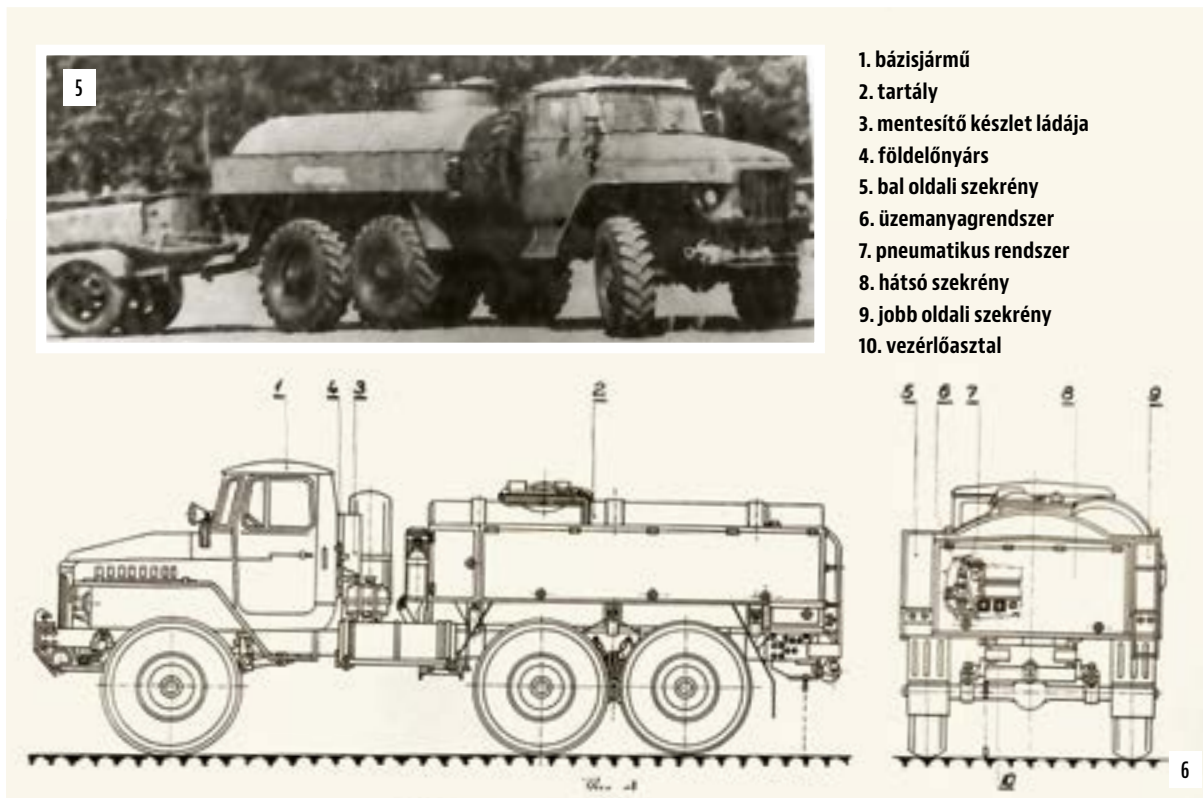
Az 5000 literes üzemi tartálytér fogatú (a teljes tartálytér fogat 5550 liter volt), ellipszis keresztmetszetű, hegesztett alumíniumötvözetű tartály síklapú belső merevítésű fenéklemezei hegesztéssel kapcsolódtak a palásthöz. A tartálypalást felső, elülső részén volt a tartálytisztítást biztosító búvónyílás (dóm) a dómfedéllel. A tartályt talpakkal rögzítették az alvázhhoz. A belsejében található a nyomó- és szívócső, a hátsó részén alul az ülepítő. A dómfedélen a kilégzőszelep 1,15 kN túlnyomáson, míg



3. ÁBRA. 1,25 m<sup>3</sup>-es üzemanyag-utánfutó [5]

4. ÁBRA. A jobb oldali kannatöltő berendezés 20 db marmonkannával [5]





1. bázisjármű
2. tartály
3. mentesítő készlet ládája
4. földelőnyárs
5. bal oldali szekrény
6. üzemanyagrendszer
7. pneumatikus rendszer
8. hátsó szekrény
9. jobb oldali szekrény
10. vezérlőasztal

5. ÁBRA. AC-5,5-375 üzemanyagtöltő gépkocsi [1]

6. ÁBRA. Üzemanyagtöltő gépkocsi összeállítási vázlatja [1]

a belégzőszelep 0,95 kN vákuumnál nyitott. Az üzemanyag mérésére szolgáló mérőlécz 200–5000 liter intervallumban 200 literenkénti beosztással készült. Az úszóval vezérelt töltéshatároló működtette az átváltócsapot, amely – elzárva a sűrített levegő útját a pneumatikus szelepet lezárva – megszüntette a feltöltést a tartályba. A külső levegővel való összeköttetést a menetes csőcsomok biztosította.

Az egyes műveletek során az üzemanyagot a rendszeren belül a tartály előtti tartóra szerelt és a jármű motorjával hajtott, önfelszívó fokozattal rendelkező SZVN-80 egylépcsős örvényáramú szivattyú szállította.

A szelepekből, csapokból és csővezetékekből álló rendszer vezérlése a különböző műveletekhez a vezérlőasztalról történt. A vezérlőrendszer működtette a sűrített levegővel működő membránszelepeket, amelyek a töltés-ürítés során a műveletnek megfelelően nyitotta vagy zárta a levegő, illetve az üzemanyag útját szabályozó szelepeket.

A tartály két oldalán elhelyezett szekrényekben tartalék alkatrészeket, szerszámokat, tartozékokat, tömlőket, tartókat, hevedereket, kannákat helyeztek el. A hátsó szekrény tartalmazta az üzemanyagrendszer szerelvényeit, csővezetékeit, a levegőrendszer csővezetékeit és a vezérlőasztalt. A hátsó szekrény alatti két zárható fiókban helyezték el a szívó- és nyomócsomokokat. [9]

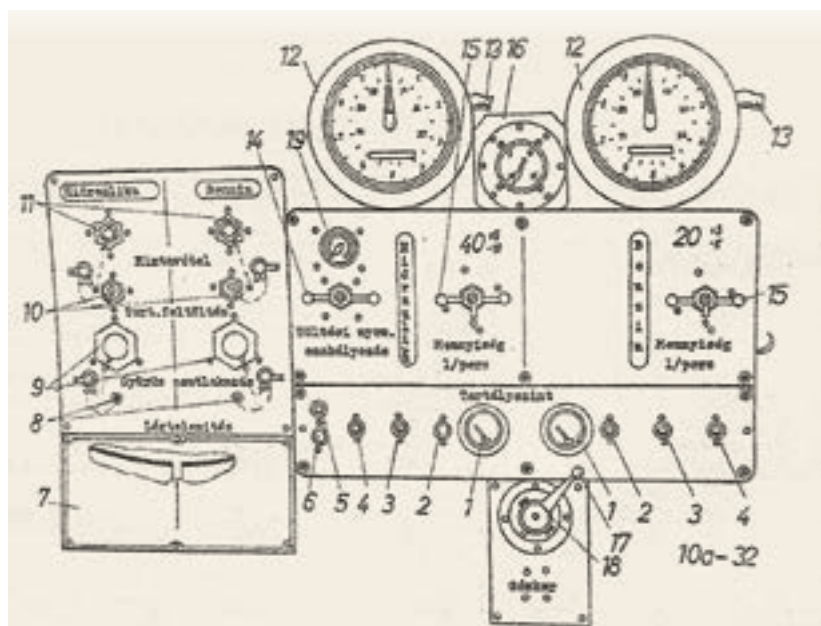
### ZSZZS-66 TÖLTŐ GÉPKOCSI

A ZSZZS-66 töltő gépkocsi GAZ-66-04 típusú 4 × 4 kerékkel, 2 tonna teherbírású, 4254 cm<sup>3</sup> benzinüzemű, V8 hengerelemrendezésű MMZ-6 típusú, 115 LE-s, alumíniumházas motorral készült jármű. Az alapjárműre felépített eszköz a repülőeszközök, alapesetben a léghűtéses, dugattyús motorok benzinnel, hidraulikafolyadékkal, olajjal és olajkeverékkel történő feltöltésére, utántöltésére szolgált. Az eszköz alkalmazható volt megfelelő szűrőrendszerek cseréje, átalakítása után sugárhajtóműves repülőeszközök hajtóanyaggal, illetve kenőanyaggal való feltöltésére is. A gépkocsit a Gorkiji Autógyár 1964–1999 között gyártotta, ahol az alap tehergépkocsi alvázára többféle speciális felépítmény is készült.



7. ÁBRA. A GAZ-66 terepjáró gépkocsi felépítményes változata (Fotó: Farkas Zoltán)

8. ÁBRA. A töltő gépkocsi felépítménye [3]



1. szintmutató; 2. szintmutató-kapcsoló; 3. átkapcsoló (töltés-visszaszívás); 4. átkapcsoló (tartálytöltés saját szivattyúval – tartálytöltés külső szivattyúval); 5. a főkapcsoló jelző-lámpája; 6. főkapcsoló; 7. kapcsolási vázlat; 8. légtelenítőcsatlakozó; 9. gyűrés csatlakozója; 10. csatlakozó saját tartályok nyomás alatti töltésére; 11. mintavétel-csatlakozó; 12. átfolyásmérő; 13. átfolyásmérő-nullázó; 14. biztonsági szelep; 15. 3/3 elosztó; 16. fordulatszám-mérő; 17. gázkar; 18. gázkarhajtókerék; 19. manométer

9. ÁBRA. A hidraulika- és benzinrendszer vezérlőpultja [5]

A töltő gépkocsi feladata volt a repülőeszközök benzinrel, hidraulikafolyadékkal, olajjal és olajkeverékkel történő feltöltése. Alkalmazásával a következő műveletek voltak elvégezhetőek:

- a repülőeszköz feltöltése szabad beöntés útján vagy nyomás alatti rendszerrel;
- saját tartály feltöltése saját szivattyú és saját szívótömlő segítségével;
- saját tartály feltöltése más feltöltő eszköz segítségével;
- munkafolyadék felmelegítése az olaj- és olajkeverék-rendszerben;
- munkafolyadék visszaszívása a töltőtömlőkből.

A töltő gépkocsi négy különálló munkafolyadék-rendszerrel rendelkezett:

**1. Hidraulikarendszer**

Feladata volt a repülőeszköz munkafolyadékokkal való feltöltése. Az NS-39 típusú fogaskerékszivattyú a hidraulikarendszerben biztosította a munkafolyadék nyomás alatt történő eljuttatását. A szivattyú 2500 1/min fordulatszámánál a minimális nyomás üresjáratban 2,5 MPa (25 kp/cm<sup>2</sup>), a maximális nyomása 15 MPa (150 kp/cm<sup>2</sup>), az üzemi nyomása 12 MPa (120 kp/cm<sup>2</sup>) volt.

**2. Benzinrendszer**

Az ECN-10A típusú centrifugál szivattyú a munkafolyadékkal való feltöltés és a tömlőkben maradt folyadék visszaszívására szolgált. A rendszer munkafolyadéka B-70-es benzin, a teljesítőképessége a 270 literes tartályból mikroszűrőn keresztül 20 l/perc volt. A 25 mm átmérőjű 4000 mm hosszú szívótömlőn át a 16 mm átmérőjű 15 000 mm hosszú töltőtömlővel tudta a feltöltést végezni.

10. ÁBRA. RÁBA H25.206-DAE-002 típusú üzemanyagszállító és -töltő gépkocsi (Forrás: HT archívum)

**3-4. Olajrendszerek**

Az olajok eljuttatása az ECN-10A és a GM37M típusú szivattyúkkal történt. Szállítóképessége 35-50 liter között volt. A rendszer az olajat és az olajkeveréket tudta melegíteni, a szállítási teljesítménye minden esetben azonos volt: töltéskor 0,1–0,6 MPa (1–6 kp/cm<sup>2</sup>), melegítéskor akár 12 MPa (120 kp/cm<sup>2</sup>) nyomással szállított. Csak érdekességként említem, hogy az ún. olajkeverék összetétele 75% MK-8-as olajból, 25% MSZ-20 olajból és 25% repülőtranszformátor-olajból tevődött össze. A melegítés 5–65 °C közötti hőmérsékleten történt. A tartály térfogata 215 liter, ebből az üzemeltetési mennyiség 180 liter volt. A szívó- és nyomótömlők mérete, nagysága azonos volt a benzinrendszerrel ismertetett tömlőkével. A rendszerben lévő munkafolyadék mennyiségének mérésére a mérőfej és -mutató szolgált. Az olajtartályokba hőmérőt építettek be, amelyek a továbbítandó mennyiség mértékét is befolyásolták.

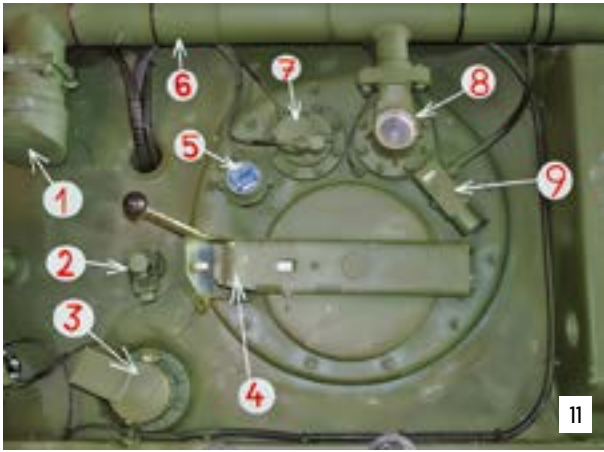
Az alkalmazott tömlők fémszövetrel bevont teflonborítással készültek. A berendezés alkalmazásakor minden esetben földelni kellett a járművet. A mozgás közbeni földelést földelőszalagokkal biztosították. A töltőkocsit tűzoltó berendezéssel is ellátták, amelynek feladata a kocsiszekrényben keletkezett tűz eloltása volt. Továbbá a híradókapcsolat biztosítása érdekében egy 4 W teljesítményű, 6–10 km hatótávolságú R-848 típusú rádiókészüléket építettek be a töltőkocsiba. [3][4]

**ÜTG-10 RÁBA H25 ÜZEMANYAGSZÁLLÍTÓ ÉS -TÖLTŐ GÉPKOCSI [6][8]**

A negyedik generációs eszközök csoportjába tartozó szállító-töltő gépkocsit úgy alakították ki, hogy mind a szárazföldi, mind a légi repülőeszközök üzemanyaggal történő kiszolgálását el tudja végezni. A korábbi típusú töltő-szállító eszközök vagy a szárazföldi eszközökkel, vagy csak a repülőeszközökkel voltak kompatibilisek. A RÁBA H25 járműcsalád is megfelel a Magyarországon hatályos rendelkezések, jogszabályok, valamint a NATO STANAG előírásainak.

A jármű 6 × 6 kerékképletű, motorja MAN D0836 LFG01E3 típusú, Euro3 besorolású, 6871 cm<sup>3</sup> össz-lökettérfogatú, négyütemű, álló hathengeres soros elrendezésű, közvetlen befecskendezésű, turbófeltöltős, folyadékűtésű, töltőlevegő-visszahűtésű dízelmotor. Teljesítménye 206 kW (280 LE) 2400 1/min fordulatszám esetén. Az 1100 Nm (112,1 mkp) nyomatékot a motor 1400-1700 1/min fordulatszám-tartományban adja le. Motorvezérlő elektronikával rendelkezik, amely biztosítja a rögzíthető fordulatszám beállítását. Sebes-





11. ÁBRA.  
A dómfedél és szerelvényei.  
1. vákuumosnyomásszelep;  
2. nívópálca;  
3. felső töltőcsonk (felső töltéshez);  
4. gyorstöltőfedél;  
5. elektrooptikai felső szenzor;  
6. gázvezető vezeték;  
7. pneumatikus túltöltésgátló;  
8. lélegeztetőszelep tűzárral;  
9. gázválasztó szelep [6]

12. ÁBRA. SAMPI gyártmányú átfolyásmérő (Forrás: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Szováthy Kinga)

13. ÁBRA. Kezelő- és szerelvénytárcsák a menetirány szerinti bal oldalon [6]

ségváltója ZF 9S 109 BG típusú 9 előre teljesen szinkronizált, két hátrameneti és egy mászófokozattal rendelkezik. A sebességváltótól hajtott kétfokozatú osztómű, nyomatéklosztó differenciálművel és kapcsolható differenciálzárral készült, a mellső futómű állandóan hajtott. Az alvázba Sepsion (Currus) gyártmányú H100PS típusú hidraulikus hajtású bolygóműves 60 m kötélfűzős, 100 kN terhelhetőségű dobcsörölőt építettek be, amely előre és hátra történő kivezetést tesz lehetővé. Az ABS-blokkolásgátló, kétkörös fékrendszer a hátsótengely fékezőerejét fékerő-szabályozó biztosítja a terheléstől függően. Jó terepjáró képességgel rendelkezik: a megengedett emelkedőlejtés 30°, a megengedett oldaldőlés 20°, a gázlóképesség 1,2 m. Az első és hátsó terepszög 35°. A kézzel billenthető fülke 1+2 fő elhelyezését biztosítja (felszereléssel együtt).

Országúton a 280 l űrtartalmú üzemanyagtartállyal 750 km, terepen 500 km megtételére képes egy feltöltéssel. A felépítményezett tartállyának bruttó térfogata 10 000 liter, kétrekeszes, azonos méretű alumíniumötvözetű, hullámtörő lemezekkel, a tetején dómfedéllel készült.

A tartály a segédvázon keresztül csavarkötéssel van rögzítve az alvázhoz. A „koffer-forma” keresztmetszetű, alumíniumötvözetű tartályfenék és az oldalfal erősítéssel készült, a veszélyes anyagok közúti szállítási előírásainak (ADR<sup>2</sup>) megfelelően. A tartálytestet rugalmas kötéssel rögzítették a felépítmény segédvázára.

Az üzemanyagotöltő gépkocsi képességei:

- saját tartály feltöltése saját vagy külső szivattyúval;
- hajtóanyag kiadása saját vagy külső szivattyúval;
- tartály ürítése szabadeséssel;
- más gépjárművek, légi járművek hajtóanyagtartályainak töltése;
- üzemanyag-keverés saját tartályban;
- hajtóanyag-szállítás közúton és terepen.

Az üzemanyagotöltést és -vételezést (saját feltöltés) szolgálja a 2 db 5000 mm hosszú 110 mm átmérőjű műanyag cső, továbbá a 2 db 3"-os lefejtőtömlő a speciális csatlakozókkal.

Az üzemanyagrendszer pneumatikus működtetésű; biztonsági szeleprendszerrel, üzemanyagszűrővel, átfolyásmérővel rendelkezik, melyet a vezetőfülkéből lehet vezérelni.

A tartály tetején van a dómfedél, amin a dómarmatúrák megóvását védőkengyel biztosítja.

A tartálynyílások mellett kezelőpultot alakítottak ki felhajtható korláttal és alumíniumlétrával. A tartály legmélyebb pontján üledék- és vízgyűjtő tartályt építettek ki leeresztővezetékekkel, itt helyezték el a pneumatikus szintkapcsolót a lefejtőrendszer szabályozásához, illetve a fenékszelepet a feltöltés és lefejtés részére. A tartályban kialakuló esetleges veszélyes nyomásesés megakadályozására egy 3"-os Kamlok<sup>3</sup> típusú csatlakozóval ellátott gázvisszavezető csőrendszert alakítottak ki.

<sup>2</sup> ADR: Accord relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route: veszélyes rakomány közúti szállítását szabályzó 1957-es nemzetközi egyezmény.

<sup>3</sup> A Kamlok (Camlock) csatlakozók az EN 14420-7 szabvány szerint készülnek. Működésük 30°C – +120°C között ajánlott. Mil-C-27487 szabvány szerinti tömlőcsatlakozó, mely folyékony és szilárd halmazállapotú anyagok továbbítására alkalmas.

14. ÁBRA.  
ZVF 40 töltőfej [6]



15. ÁBRA.  
Carter típusú  
repülőgép-  
töltőfej [6]



A kezelő- és szerelvényt a vezetőfülke mögött helyezték el. Teteje – amennyiben a javításokhoz szükséges – levehető, oldalfalai felfelé nyílnak és Interlock biztosítással készültek, ami annyit jelent, hogy a jármű automatikusan befékezi magát, ha a korlátot vagy a kezelő- és szerelvényt valamelyik ajtaját kinyitják.

Az üzemanyag szállítását a Dickow HZS típusú önfeltöltős örvényszivattyú biztosítja. A szivattyú légi járműbe történő töltés esetén 1000 l/perc, szárazföldi eszközökre 400–500 l/perc sebességgel képes tölteni.

A berendezésben a szivattyú előtt egy durva szűrőt a tartályba bekerülő üzemanyag szennyeződésmentes bevitelére, mögötte pedig egy finomszűrőt a kiadásra kerülő üzemanyag tisztaságának biztosítására építették be. A FAUDI gyártmányú nagy pontosságú szűrő gázválasztóval és nyomásmérő műszerrel rendelkezik, teljesítménye 1022 l/perc. A szűrő esetleges eltömődését piros színű ellenőrző mező megjelenése mutatja.

A tartályfelépítményt az üzemanyag kiadásához két mérőrendszerrel készítették, melyeket párhuzamosan építettek be, egyet a felső (1. kút) és egyet az alsó töltéshez (2. kút). A két rendszerhez egy számlálómű tartozik. A számlálómű képes a jelek egyidejű feldolgozására.

A számlálómű 2 db SAMPI gyártmányú átfolyásmérő, impulzusadókat, hőmérséklet-érzékelőt, továbbá 1 db 12 érintőgombos billentyűzetű számlálóművet, LCD-kijelzőt és kártyaleolvasót foglal magába.

A repülőeszközök szárnyon történő üzemanyag-feltöltésének két változata van:

Nyomás nélküli töltőrendszerrel felső szárnytöltés esetén a töltés a töltőrendszer 1. kútjával és az Elaflex gyártmányú, ZVF 40 típusú, forgatható kiadópisztollyal történik. Teljesítménye 400–500 l/perc.

Nyomás alatti töltőrendszer alkalmazásakor, alsó szárnytöltésnél a töltőrendszer 2. kútjával, a nyomás alatti alsó szárnytöltés Carter típusú repülőgép-csatlakozójával. Teljesítménye 1000 l/perc.

A feltöltések nyilvántartására a rendszerbe beépítésre került a Phonix automata számlálórendszer, amely lehetővé teszi az idegen nyelvű használatot is. A megfelelő kút

16. ÁBRA.  
MAN HX 32.440 18 m<sup>3</sup>-es  
üzemanyag-szállító és  
-töltő gépkocsi  
(Forrás: HM Zrínyi Nkft. /  
honvedelem.hu /  
Szováthy Kinga)



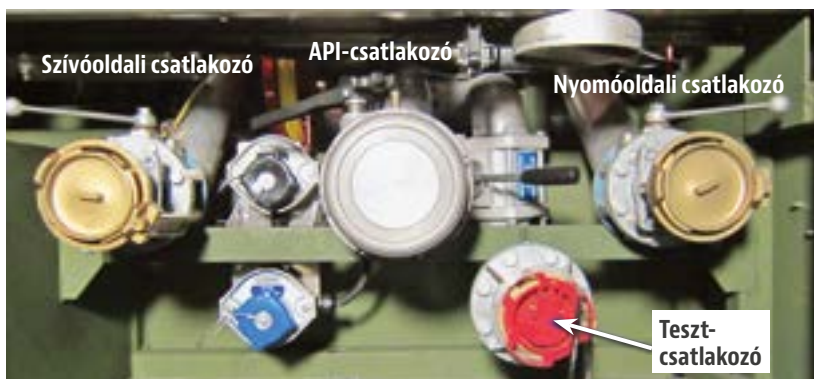
(1-es vagy 2-es) kiválasztása után a kártyaleolvasóval beolvasva a kért adatokat, a tankolás végrehajtható, melyről a számlálóberendezés bizonylatot ad. A műveletek elvégzéséhez 14 db sofőrkártya, 1 db mesterkártya, 14 db autóazonosító és 1 db operátorazonosító tartozik.

A kezelő- és szerelvény szekrénybe a már említett Dickow HZS gyártmányú, a jármű mellékajtásáról hidraulikusan meghajtott önfelszívó szivattyút építették be. A gépkocsi motorjának működnie kell minden, szivattyúval történő működtetéshez, illetve a tömlődob forgatásához.

A hidraulika-főcsap a hidraulika berendezések közötti választást szolgálja; a gépkocsi jobb oldalán, a kezelő- és szerelvény szekrény előtt található. Két állása lehetséges: szivattyú- és csörlőhelyzet. A szivattyúállást csak abban az esetben használják, ha a felépítmény szivattyúját, vagy a tömlődob csévéelését akarják működtetni.

Az API-csatlakozó (Application Programming Interface: alkalmazásprogramozó felület) használatával két online alkalmazás megkaphatja egymás adatait, és hozzáférést biztosít egy szoftveren keresztül az utasításkészlethez. A tartály feltöltése ezen csatlakozón keresztül lehetséges idegen szivattyúval. Lefejtés is lehetséges az API-csatlakozón keresztül.

A töltőkocsival történő valamennyi folyamat esetén a kapcsolatban lévő berendezéseket azonos potenciálra kell hozni. Erre a célra a kocsin két fémes érintkezési pontot alakítottak ki, a tartály első bölcsojén, egy kihúzható kábeldobon. A fémes érintkezési pontoknak mindig fémtisztának kell lenniük a megfelelő érintkezés biztosítása érdekében.



A berendezés vezérlése a vezetőfülkében lévő kapcsolótáblán elhelyezkedő kapcsolók segítségével történik. A kapcsolótáblán 29 parancs, művelet végezhető el.

Az üzemanyag-szállító és -töltő gépkocsi biztonságos, megbízható üzemeltetésére, vezetésére és karbantartására a kezelő(k) felkészítése szükséges.

A 10 m<sup>3</sup>-es üzemanyag töltő-szállító gépkocsinak a fent ismertetett típusán kívül a gyár azonos feladattal készítette a H25.301DAE-003 típust MAN D2866 LF E3 ADR-FL osztályú, 301 kW (410 LE) teljesítményű motorral.

A MAN HX32.440 típusú katonai terepjáró gépjármű alvázán kialakított 18 m<sup>3</sup> űrtartalmú üzemanyagszállító és -töltő gépkocsi elsősorban a repülőtereken végzi az üzemanyag szállítását-töltését.

(Folytatjuk)

17. ÁBRA. A kezelő- és szerelvény szekrény csőcsatlakozói [6]

1. TÁBLÁZAT. Az üzemanyagtöltő felépítménnyel megvalósítható folyamatok összefoglaló táblázata (Az egyes folyamatok esetén szükséges kapcsolások, csőcsatlakozások)

Folyamatok	Pneumatikus vezérlőszelepek					Szelep		Csatlakozó
	K	A	1	SB	5	Sz	Ny	
1. Lefejtés saját szivattyúval számlálón, szűrőn és tömlőn keresztül, nyomás alatti repülőgépcsatlakozó segítségével (alsó szárnytöltés)	●	●	●	○	○	Zár	Zár	2. kút
2. Lefejtés saját szivattyúval számlálón, szűrőn és tömlőn keresztül ZVF 40-es kiadópisztoly segítségével (felső szárnytöltés)	●	●	●	○	○	Zár	Zár	1. kút
3. Lefejtés idegen tartályból saját szivattyúval számlálón, szűrőn és tömlőn keresztül, nyomás alatti repülőgépcsatlakozó segítségével (alsó szárnytöltés)	●	●	○	○	○	Nyit	Zár	Szívóoldali, 2. kút
4. Lefejtés idegen tartályból saját szivattyúval számlálón, szűrőn és tömlőn keresztül ZVF 40-es kiadópisztoly segítségével (felső szárnytöltés)	●	●	○	○	○	Nyit	Zár	Szívóoldali, 1. kút
5. Tartályfelépítmény feltöltése saját szivattyúval, szűrő megkerülésével	●	○	●	●	○	Nyit	Zár	Szívóoldali
6. Tartályfelépítmény feltöltése idegen szivattyúval, API-csatlakozón keresztül	●	○	●	○	○	Zár	Zár	API
7. Lefejtés szabadeséssel API-csatlakozón keresztül	●	○	●	○	○	Zár	Zár	API
8. Lefejtés saját szivattyúval, számláló megkerülésével		●	●	○	○	Zár	Nyit	Nyomóoldali
9. Szivattyúállomásként való működés, átszivattyúzás		○	○	○	●	Nyit	Nyit	Szívóoldali, nyomóoldali

● – vezérlőszelep kihúzva ○ – vezérlőszelep visszatolva Sz – szívóoldali szelep Ny – nyomóoldali szelep

### HIVATKOZÁSOK

[1] Az AC-5-375 üzemanyagtöltő gépkocsi kezelési és karbantartási utasítása. Űza/19. é. n.

[2] A TZA-7,5-500A üzemanyagtöltő gépkocsi üzemeltetési szakutasítása. Űza/63. é. n.

[3] A ZSzs-66 töltő gépkocsi kezelési szakutasítása. Űza/66. é. n.

[4] A ZSzs-66 töltő gépkocsi műszaki leírása. Űza/67. é. n.

[5] Boldizsár János Tibor: Csepel D-344, D-346 honvédségi tehergépkocsik (1957-1975). A Magyar Hadi-és Gépjárműtechnikai Közhasznú Alapítvány kiadványa, 2006.

[6] SCHWARZMÜLLER kezelési és karbantartási útmutató RÁBA H25.324-DAE-112 típusú bázisjárműre szerelt Schwarzmüller TA3 üzemanyag szállító-töltő tartályfelépítményhez. é. n.

[7] 146467 sz. Műszaki specifikáció 10 m<sup>3</sup> üzemanyag-szállító és -töltő berendezéshez. é. n.

[8] RÁBA Műszaki specifikáció H25.206 DAE-002 tip. Háromtengelyes katonai terepjáró üzemanyag-szállító és -töltő bázisjármű ADR-FL osztályú kivitelben 2005.

[9] Az URAL-4320 tehergépkocsi és típusváltozatai anyagismereti és igénybevetési szakutasítása. A Magyar Honvédség kiadványa, Szekszárd, 1985.

GULYÁS ATTILA\*

# NYELVI MODELLEK ALKALMAZÁSA A KIBERVÉDELEMBEN

I. RÉSZ

**Összefoglalás:** A nagy nyelvi modellek jelentős elterjedése, azok mindennapos használata a világhálón egyre inkább rámutat ezen innovációk lehetséges kibernetikai védelmi aspektusainak a fejlesztésére mind a saját belső intraneten, mind vállalkozásaink és a védelmi (hon- és rendvédelmi) informatikai hálózatokon. A nyelvi modellek kibervédelmi alkalmazása támogatja informatikai hálózataink magasabb szintű védelmét. E tudományos közlemény a szerző egyetemi szakdolgozatának kivonata, amelyet a Torinói Tudományegyetem (UniTo) Masters di II Livello in Strategia Globale e Sicurezza szakon nyújtott be és védett eredményesen a 2024/2025. tanévben.

**Kulcsszavak:** nagy nyelvi modellek, kibervédelem, hálózatalapú hadviselés, természetes nyelvfeldolgozás, természetes nyelvek megértése

**Abstract:** The significant spread of large language models (LLMs) and their casual use on the World Wide Web increasingly points to the development of the possible cyber defense aspects of this innovation, both in our own internal and in our enterprises and in the defense (homeland and law enforcement) IT networks. The cyber defense application of large language models supports a higher level of protection of our IT networks. This scientific paper is an excerpt from the author's university thesis, submitted to the University of Turin (UniTo) for the Masters di II Livello in Strategia Globale e Sicurezza in the 2024-2025 academic year.

**Keywords:** large language models, cyber defense, Network Centric Warfare, Natural Language Processing, Natural Language Understanding

## BEVEZETÉS

Az Európai Unió (EU) belüli [1] rendvédelmi együttműködés legfontosabb intézménye, az EUROPOL [2] a közelmúltban figyelmeztetést [3] adott ki, amely alapján a mesterséges intelligencián (MI) alapuló rendszerek rosszindulatú tevékenységekre is felhasználhatóak. [4] A kiberbűnözői csoportok a ChatGPT (Generative Pre-trained Transformer) támogatásával chatbotokat használhatnak *social engineering* (pszichológiai manipuláció) jellegű támadásaikhoz, dezinformációs kampányokhoz, kiberbűnözői tevékenységeikhez. [5] Az állásfoglalás szerint az MI-alapú programok egyre nagyobb fenyegetettséget jelentenek a kibertérben, ezért a megfelelő és arányos védelem rendkívüli fontosságú. [6] Ugyanakkor a jelentésben kiemelik, hogy a gépi tanulási modellek újabb verziói, kiemelten a GPT-4 [7] már sokkal hatékonyabb támogatást nyújtanak a kiberbűnözés elleni védekezés támogatására. [8] A jelentésben ez szerepel: „Az újabb modell jobban megérti a kód kontextusát, valamint a hibaüzeneteket, továbbá a programozási hibák javítására is alkalmasabb lett. A csekély műszaki ismerettel rendelkező, potenciális bűnöző számára ez felbecsülhetetlen értékű erőforrás. (...) Egy fejlettebb technikai képességekkel rendelkező felhasználó pedig arra használhatja ki ezeket a jobb képességeket, hogy tovább finomítsa vagy akár automatizálja a kifinomult kiberbűnözői modi operandi-t.” [9]

Felmerül tehát a kérdés: ha a fejlett verziójú gépi tanulási modellek könnyebben felhasználhatóak az emberek megtévesztésére, milyen lépéseket lehetséges, sőt kötelező tennünk a kibertérben elkövetett káros cselekmények korlátozására. Úgy vélem, az első lépés, hogy széles, széle-

\* Ezredes, csoportfőnök, Híradó, Informatikai és Információvédelmi Csoportfőnökség, Honvéd Vezérkar, Magyar Honvédség. ORCID: 0000-0001-5774-5757

sebb körű tájékoztatást, oktatást kell biztosítanunk a gépi tanulási eljárások megértése érdekében. Tudatosítani kell az egyéni felhasználókkal és vállalkozásokkal, hogy a 2025-ös évben a nagy nyelvi modellek (Large Language Models – LLMs) olyan fejlettségi szintet értek el, amellyel könnyen lehet manipulálni az adott személyt/személyeket döntéseikben, felhasználva a megtévesztés különböző módjait (pl. phishing mailek, hang- és kép manipulálása, ransomware-t [zsarolóprogramot], deep fake videót stb. [10]) Azt is fel kell ismernünk, hogy a magas fokú automatizálás eredményeképpen a rosszindulatú felhasználók (támadók) részéről egyre kisebb informatikai tudásra lesz szükség a kibertérben elkövetett káros cselekményeikhez.

Mindezen tényeket áttekintve és értelmezve, véleményem szerint szükség van a gépi tanulási modellek általános bemutatását tartalmazó összefoglaló anyag összeállítására, melyben kiemelendő ezen gépi tanulási modellek alkalmazhatósága a digitális hálózataink kiberműveleteiben, kiemelt tekintettel a védelmi (katonai és rendvédelmi) digitális információs hálózatok védelmére. Ezért választottnak jelen témának az MI-alapú, a gépi tanulási eljárások alkalmazhatóságának vizsgálatát a kibertevékenységekben, elsődlegesen a kibervédelemben. [11]

E tudományos közleményben nagy léptékben bemutatom az LLM történelmi fejlődését és az elért eredményeket, majd azt vizsgálom, hogy a világ vezető MI-fejlesztő országai és vállalkozásai milyen szabályzó környezetet hoztak vagy törekednek létrehozni az LLM robbanásszerű fejlődésének szabályozására. [12] A továbbiakban azt is vizsgálom, hogy a gépi tanulási modellek újdonságai hogyan, mi módon alkalmazhatóak a kiberműveletekben, elsősorban a kibervédelmi eljárások automatizálásában az emberi kibervédelmi tevékenységek támogatására. Belátható, hogy a gépi modellek adatgyűjtő/rendszerző és mintafelismerő képessége messze felülmúlja az emberi lehetőségeket. Úgy vélem, a biztonságtudatosság fogalmának frissítésével, új értelmezésével „megnyerhető” a küzdelem a digitális hálózatunkba behatolni kívánó kibertámadó (hacker) ellen, a hálózat védelmére felesküdt mérnöki állomány javára.

Ugyanakkor látható, hogy az egyes államok és tökeerős vállalkozások által támogatott számítástechnikai ipari szakterületek, az ezek támogatása mögött meghúzódó célirányos és igen határozott befektetői szándékok, a jelentős támogatáscsomagok megjelenése [13] (források allokációja) lesz a döntő, amikor helyzeti előnybe kívánják hozni egy adott országban tevékenykedő polgári vállalkozás MI-fejlesztését [14] (pl. az USA-ban, EU-tagországokban, [15] Kínában) annak érdekében, hogy a gépi tanulás jelenleg még óriási erőforrásigényét (processzorteljesítmény és memóriaigények) fedezni lehessen.

Azonban e területen is dinamikus a fejlődés: hónapról hónapra jönnek hírek a mind kevesebb erőforrást felhasználó, de képességeiben a jelenlegi (GPT-4 [16]) applikáció abszolút értelemben vett tudásához felnövő vagy azt meghaladó, újabb és újabb gépi tanulási modellek, algoritmusok megjelenéséről. A fejlődés üteme és léptéke szinte robbanásszerű, és úgy vélem, lehetetlen megjósolni, hogy kis- és középtávon (2-6 év) merre halad előre a gépi megértés és beszéd, az adatfeldolgozás szintje.

Szilárd meggyőződésem, hogy a polgári és a katonai katonáknak egyaránt figyelemmel kell kísérniük ezen műszaki változásokat annak érdekében, hogy a védelmi (katonai- és rendvédelmi) digitális hálózatok kibervédelmében minél nagyobb arányban használják a gépi tanulási modellek újdonságait, a katonai vezetési és irányítási rendszerek folyamatainak automatizálása és átfogó kibervédelme érdekében.

## TÖRTÉNELMI KITEKINTÉS

Amikor az 1960-as években az Amerikai Egyesült Államok vezető kutatói sikeresen összeállították az ARPANET névre keresztelt első, a Neumann-elvek [17] alapján tervezett, önálló, digitális alapon működő számítógépekből álló hálózatot, megszületett a csomagkapcsolt átvitelre épülő, önálló, független hálózat első képviselője, amelynek a sikere alapot szolgáltatott a fejlesztések felgyorsítására. Csak a valóban élénk képzelőerővel rendelkező szakértők hittek abban, hogy alig 50 éven belül olyan mély integráltságú, a teljes Földet behálózó integrált hálózat alakul ki, amely lehetővé teszi a széles spektrumban értelmezett adatcserét mind a tudományos, mind a társadalmi és a gazdasági élet területein. Míg az 1980-as években a katonai kutatások és fejlesztések diktálták az ütemet az informatikai hálózatok fejlesztésében, az 1990-es évek második felétől – a közösségi média és a szórakoztatóipari alkalmazások, programok, számítógépes hálózati játékok nagyobb arányú megjelenésével – egyre inkább a polgári vállalkozások és az általuk támogatott kutatások vették át a vezető szerepet a kereslet kiszolgálására. Ezen profitérdekelt vállalkozások napjainkra – mind hardverek, mind szoftverek tekintetében – teljes mértékben átvették a vezető szerepet a világméretű hálózatok összetevői, alkotóelemei fejlesztésében, és a katonai alkalmazások egyre inkább átveszik és továbbfejlesztik, követik ezen polgári fejlesztések eredményeit. Az 1949-ben megalakított, 2025-ben már 32 tag nemzetet számláló politikai-katonai szövetség, a NATO [18] dokumentumaiban is alapvetésként jelenik meg a kölcsönösen összekapcsolt és illesztett digitális hálózatok kialakításának igénye.

Kicsit visszatekintve az időben, a 2002 őszi tartott prágai NATO-csúcsértekezleten a Prágai Képességvállalás szerződése keretében megegyezés született a szövetségi képességfejlesztések új irányáról. „A szövetséges államok elkötelezik magukat következő képességeik fejlesztésére: atom-vegyi-biológiai fegyverek elleni védelem; felderítő/hírszerző rendszerek fejlesztése; föld-levegő felderítő és jelentő rendszerek fejlesztése; a vezetési és irányítási rendszerek, valamint az azokat támogató híradó és informatikai rendszerek bővítése; az egységek/alegységek harcérték-növelése a valószínűsített ellenség légvédelmi fenyegetésének elnyomásával és precíziós lőszer alkalmazásával; a stratégiai légi és tengeri szállítási képesség fejlesztése; a légi utántöltési képesség további fejlesztése, a telepíthető harci támogató és harci kiszolgáló erők fejlesztése.” [19] Az azonosított feladatok rendszere és a képességek fejlesztésének igénye alapvetően eredeztethető az új évezred szinte minden – politikai, társadalmi, szociális, katonai – területének összekapcsolt, hálózatos értelmezéséből. Általános értelemben tehát a hálózat alapú hadviselésnek (NCW – Network Centric Warfare) [20]

támogatnia kell a döntés-előkészítő és döntéshozatali folyamatok felgyorsulását és az automatizálási igények kielégítését. Katonai értelemben ez elképzelhetetlen a korszerű távközlési és informatikai szolgáltatások magasabb szintű kihasználását lehetővé tevő, digitális alapú híradó és informatikai rendszerek kialakítása nélkül. [21]

A hálózatszerűen kialakított vezetési rendszerek által biztosítható információs fölény szükségszerűen elvezet a vezetési fölény kialakulásához, amely a modern hadviselés keretei között [22] – ahol a műveleti cél elérése az előerő, a saját csapatok veszteségeinek csökkentésén keresztül valósul meg – a hatékonyságalapú támadásban, összességében a hatásalapú (*EBO – Effect Based Operations* [23]), hálózatközpontú műveletekben összpontosul. [24] A magyar elméleti kutató, dr. Szternák György megállapítása alapján „a hálózatközpontú katonai művelet lényege, hogy egy (azonos) rendszert alkot a felderítés, a döntés és a cél pusztítása a katonai műveletek végrehajtása teljes időtartamában”. [25] Ez a korszerű megközelítés segíti a modernizált vezetési és irányítási információs rendszereket technikailag támogató híradó és informatikai rendszerek kialakítási igényének a megértését.

A hálózatalapú hadviselés igényli a NATO-hálózat nyújtotta szolgáltatások (*NNEC – NATO Network Enabled Capability* [26]) áttekintését és igényalapú fejlesztését. A hálózati szolgáltatások keretében integrált információs hálózatok elemei bármikor, bármilyen szintről hozzáférhetőek, a műveletek sikerét biztosító információk elérhetőek. [27] A legalább a műveleti hadszíntér szintjén összekapcsolt és illesztett hálózatos vezetési rendszerekben alapkövetelmény a rendszer elemeinek együttműködési képessége (interoperabilitása) a magas szintű hálózati illesztettség állapotának elérése érdekében, ami egyaránt kötelező érvényű az információs hadviselés fizikai, információs és kognitív szegmensére. A legeredményesebb műveleti koherencia azonban csakis a műveleti hadszíntér, a döntéseket előkészítő, a döntéshozó és a feladatokat végrehajtó szervek teljes körű együttműködésével valósulhat meg. E műveleti interoperabilitás elérése érdekében – a washingtoni NATO-csúcserkezleten meghatározott képességek fejlesztésének igényével – a NATO tagállamai felgyorsították a had-erőátalakítási folyamatokat.

A katonai információs infrastruktúrák fejlesztése tehát interdiszciplináris feladat, amely alapvetően támaszkodik a polgári kutatás-fejlesztési folyamatok folyamatos vizsgálatára, áttekinté-

se és rendszerezésére annak érdekében, hogy a leginkább a katonai felhasználásra alkalmas, a katonai értelemben a megfelelő funkciókat ellátni képes applikációkat vegyék át. A polgári információs technológiák fejlődése, a fejlesztések iránya tehát nagyban befolyásolja a katonai információs rendszereink fejlesztését is. Ezen folyamatokhoz szorosan kapcsolódnak a 21. századi innovációkban a vezető elemeket képviselő közösségimédia-platformok megjelenése (mint *driverek*), illetve a felhasználói számítógépes programok robbanásszerű fejlődése. Ezen platformok futtatása megköveteli a szélessávú adatátviteli hálózatok rendelkezésre állását, melyek lehetnek réz- vagy optikai összekapcsolású (hagyományos stacioner) hálózatok, amely mellett napjainkban egyre nagyobb teret nyernek a rádiófrekvenciás (mobil) adatátviteli hálózatokra épülő adatkapcsolati rendszerek. Utóbbiak az EU által szabványosított 4G/LTE, illetve egyre inkább az 5G mobilhálózati kapcsolatokat [28] használják ki a nagy mennyiségű adatátvitel igényével fellépő social platformok információtovábbítására. Kijelenthető, hogy a már Európában is jelen lévő, rendelkezésre álló és egyre nagyobb arányban globális szinten kiépülő úrtávközlés adja a 21. századi fejlett adatátvitel irányát. Ugyanakkor az úrtávközlés igényének mértéke és a kapcsolódó műszaki fejlesztések iránya jelenleg nehezen prognosztizálható. Nem zárhatjuk ki, hogy az úrtávközlésben a 2000-es évek mobilkommunikációjához hasonló, robbanásszerű fejlődés alakul ki.

Bill Clinton első elnöki periódusa folyamán (2003) fogadták el a *The National Information Infrastructure: Agenda for Action NNI* dokumentumot, amely a következőképpen fogalmaz a digitális hálózatokról, illetve az azok fejlesztéséhez kötődő nagyhatalmi törekvésekről, amelyek egyaránt értelmezhetőek a polgári és katonai törekvések oldaláról: „A fejlett információs infrastruktúra lehetővé teszi az amerikai vállalkozások számára, hogy versenyezzenek és győzedelmeskedjenek a globális gazdaságban. (...) Az információ a nemzet egyik legkritikusabb gazdasági erőforrása, a szolgáltatóipar, a feldolgozóipar, a gazdaság és a nemzetbiztonság szempontjából egyaránt. (...) A globális piacok és a globális verseny korában az információ létrehozására, manipulálására, kezelésére és felhasználására szolgáló technológiák stratégiai jelentőségűek az Amerikai Egyesült Államok számára.” [29] Nem felejthetjük el, hogy az USA Földünk több szempontból is vezető nemzete és a NATO alapító tagországa, messze a legnagyobb gazdasági és katonai potenciállal bíró ország.

Az információs infrastruktúrák jelentőségének korai felismerése, a vezető technológiák kidolgozásának igénye és az informatikai iparágban a vezető szerep fenntartása



2. ÁBRA.  
(Illusztráció: Shutterstock)

tehát alapvető amerikai stratégiai érdek, amelyhez való csatlakozás, a kutatás-fejlesztési eredmények figyelemmel követése, azok átvétele, még inkább ezen fejlesztésekben való európai részvétel (EU tagállami vállalkozások részéről) egyben az EU tagállamainak stratégiai érdekei is.

Vizsgáljuk hát meg, e globális technológiai verseny mely szegmensét tekinti az EU jelentősnek, érdemesnek a jelen és a közeljövő fejlesztéseire. Az Európai Parlament és Tanács egy határozatában szereplő gondolatsorát érdemes bemutatni. A *Digitális évtizedhez vezető út* elnevezésű, 2030-ig előre tekintő szakpolitikai programban az alábbiakat határozzák meg mint közvetlen fejlesztési irányokat: informatikai hálózatok fejlesztésének területén az európai közösség tagállamaiban, az egyéntől a vállalkozáson át, a közszolgáltatások területét is ide értve cél az ún. „gigabites” optikai hálózat európai szintű (lefedettségű) kialakítása; minden lakott településen az 5G mobilhálózati lefedettség kialakítása; nagy informatikai biztonsággal üzemelő informatikai ún. peremcsomópontok kiépítése és üzemeltetése; az uniós vállalkozások legalább 75%-ának bevonása a felhőalapú szolgáltatások használói körébe; a nagy adathalmazok (big data) használata; valamint az MI fejlesztése és szolgáltatásalapú használata, illetve további rendszerkialakítása. [30] Ezek együttes fejlesztése, folyamatos használata, majd a levont tapasztalatok alapján történő továbbfejlesztése növeli az EU digitális versenyképességét, és az előrelépés iránya(i) egyértelműen mutatják, hogy a kutatás-fejlesztés tendenciái, e forradalmi változások egyre inkább áttolódnak a kibertérbe, kiaknázva az ezen doménben rejlő nyilvános és rejtett képességeket is; a geopolitikai küzdelmek új terepe a kibertér (is) lett. [31]

A kibertér nagyarányú felhasználását leginkább az úgynevezett negyedik ipari forradalom (Ipar 4.0) digitalizált elemei, fejlett applikációinak alkalmazásai mutatják be. A 21. század a digitalizáció és az automatizáció (robotizáció) kora, ahol a fizikai hálózati környezet és a kibertér összekapcsolódása útján egyetlen, még nem teljesen önálló, de kimagaslóan intelligens információs környezet alakul ki. [32] Az Európai Parlament egy 2016-ban megfogalmazott állásfoglalása szerint: „Az Ipar 4.0 a termelési folyamatok szervezését írja le, mely keretében az alkotórészek, az eszközök önállóan kommunikálnak egymással, azonos értéklánc mentén. A jövőben ún. „okos” gyárat hozhatnak létre, ahol a számítógép-vezérelt rendszerek nyomon követik a fizikai folyamatokat (is), létrehozzák a fizikai valóság virtuális lenyomatát, majd önszervező mechanizmusaik alapján decentralizált döntéseket hoznak.” [33] Ilyen technológiák lesznek/ lehetnek az additív gyártás, a mesterséges intelligenciára épülő döntéshozatali rendszerek térnyerése, a blokklánc, a nagyméretű adatok kezelése, a felhőszolgáltatások, a dolgok ipari internete stb.

Úgy vélem, hogy a 21. századi digitális hálózati és az ezen hálózatokon végrehajtott polgári és katonai műveletek sikerét alapvetően határozzák meg az MI fejlesztései. [34] Ezen fejlesztések olyannyira felgyorsultak, hogy sokkal pragmatikusabb, technológiai oldalról jobban értelmezhetőbb, kézzelfoghatóbb a mesterséges intelligencia-rendszer (MI-rendszer) kifejezés, amit egyébként az EU jogalkotói is alkalmaznak. Ezen rendszerek alkotóelemei-

# LLM

LARGE LANGUAGE MODEL



nek vizsgálata, összetevőinek rövid áttekintése és azok fejlesztési irányainak összefoglalása, valamint az MI-rendszerek katonai alkalmazásainak kérdései képezik alapelemeit ezen tudományos értekezésnek, amelyben alapvetően arra a kérdésre keresem a választ, hogyan támogathatják ezen MI-rendszerek a kiberbiztonság feladatrendszerét.

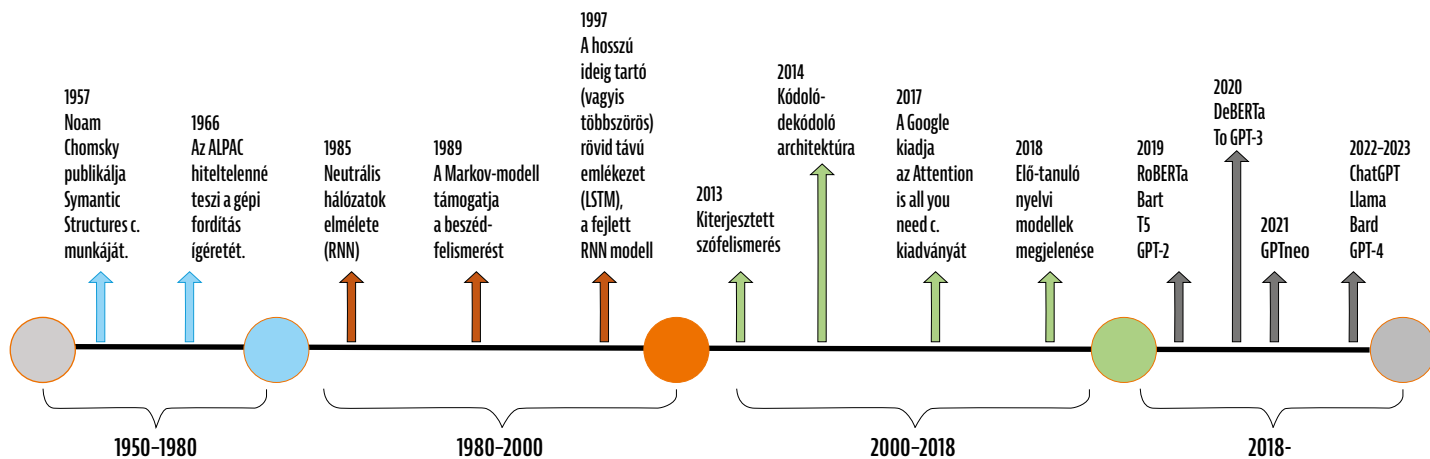
### BEVEZETÉS A NAGY NYELVI MODELLEKBE (LLM)

Az MI-rendszer olyan szoftverek összessége, amelyek az ember által meghatározott célkitűzések közül, azok adott csoportja tekintetében olyan kimeneteket képesek generálni, amelyek tartalmakat, előjelzéseket, ajánlásokat és döntéseket biztosítanak. Ezek befolyásolják a környezetüket, amellyel kölcsönhatásba is lépnek. Ezen folyamatokban nagy szerepe van az ún. neurális hálózatokon [35] alapuló szoftverrendszereknek. Ez olyan technológia, amely alkalmazását a közelmúlt számítógépes forradalma gyorsított fel, ahol a nagy teljesítményű mikroszámítógépekkel, a nagy adathalmazokat rövid idő alatt feldolgozni képes számítástechnikai erőforrások nagyarányú alkalmazásával érjük el a kívánt hatásokat.

### MI AZ LLM ÉS HOGYAN MŰKÖDIK?

A mesterséges neurális hálózatokat matematikai modellként mutatták be, [36] amely modell az emberi agy működését mintázza. Az alapneuron összetevői lehetnek alaphemeneti jelek, különböző műveletilem-funkciók vagy kimeneti impulzusok. [37] Ezen neuronok hálózatot alkotnak, amelyek letéteményesei a kimeneten megjelenő jelek hasznosulásának. E folyamatot mélytanulásnak (*deep learning*) nevezzük, [38] ami az LLM tekintetében megkerülhetetlen. A mélytanulási folyamatok megértését leginkább az ún. ellenőrzött tanulási folyamatok rendszere támogatja. [39] A gépi tanulásban az algoritmusok alkalmazásával azonosítunk mintákat a vizsgálandó adathalmazokban, és ezen minták felhasználásával létrehozunk egy, az előjelzésekre alkalmas adatmodellt. A gépi feldolgozás, a gépi tanulási modellek fejlesztésével, nagy adathalmazok többszöri feldolgozását ismételve, ezen strukturált és strukturálatlan adathalmazokban történő mintaazonosítást követően áttekinthetővé / áttekinthetőbbé válik az adatokban rejlő

3. ÁBRA.  
(Illusztráció:  
Shutterstock)



4. ÁBRA. Az NLP fejlődése. (Rövidítések: ALPAC: Automatic Language Processing Advisory Committee RNN: Recurrent Neural Networks LSTM: Long Short-Term Memory RoBERTa GPT: nyelvi tanulási modellek) DeBERTa: Decoding-enhanced BERT (Szerkesztette a szerző)

összefüggésrendszer. A folyamatmodellezés érdekében a mintákat úgy állítjuk össze, hogy azok a kimeneten elvárt „viselkedést”, paramétereket adják meg. [40] A nyelvi modell tehát olyan valószínűségi eloszlás a szavak, szósorozatok között, ahol a modell minden szóhoz valószínűségi értéket rendel egy bizonyos szekvenciában.

Más megközelítésben az algoritmusnak a mondatban / sorrendben a következő szót kell előre jeleznie, az előtte már rendszerezett és valószínűségük sorrendisége alapján kikövetkeztetett adathalmazból. [41] A nyelvi modellek fejlődésének mérföldköve volt az ún. „transzformer technológia” [42] megjelenése. Egyes kutatók állásfoglalása alapján ez a technológia szolgál alapul a ma ismert összes nagy nyelvi modell képzéséhez. E technológia alapja és a modern nyelvi modellek közös tulajdonsága, hogy szóbeágyazásokat (tokenek) használnak, [43] a szavakat vagy azok elemeit többdimenziós matematikai vektormennyiségekké alakítják át, és azt vizsgálják, hogy e vektortérben az egymáshoz közel eső szavak jelentése hasonló-e. A tokenizálás folyamán a feldolgozott és szétbontott, a legkisebb adatsomaghoz értékeket, azaz tokeneket rendelünk. [44]

Ezen tokenek szoftveres vizsgálatával, az ún. modelltanítási folyamat során a cél, hogy a szoftver mintegy „megjósolja” a következő, a hiányzó token e szekvenciális hálózatban. [45] Így hoznak létre egy alapmodellt. A programozók felgyorsíthatják a tanulási folyamatokat azzal, hogy meghatározzák, és mintát biztosítanak a kimeneten elvárt követelményekről. Ha ezt elég gyakran elvégzik, a gépi tanulás felgyorsul; ezt felügyelt finomhangolásos eljárásnak nevezik. [46] Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy a betanítási folyamat e jelen fejlettségi szinten óriási számítógépes memóriát és nagy jel- (adat-) feldolgozási sebességet és processzorteljesítményt igényel. [47] Nem meglepetés tehát, hogy csak a valóban világméretű, az adatkezelésben vezető óriásvállalkozások (pl. Google, AWS, Microsoft, Oracle) mint nagy informatikai iparági képviselők, képesek a gépi tanuláshoz szükséges számítási teljesítményre képes hardverállományt mozgósítani.

**NATURAL LANGUAGE PROCESSING (NLP) ÉS NATURAL LANGUAGE UNDERSTANDING (NLU)**

A gépi tanulási modellek fejlesztésének nagy lendületet adott, amikor 2019-től a GPT-applikációk megjelentek, és

a több millió mintavételt követően előbb megértették az emberi beszédet, később képessé váltak az emberi hang emulálására és értelmes válaszok megfogalmazására. A 4. ábra bemutatja a gépi tanulás időrendi fejlődését. [48]

Az ábrán pontosan követhető az a történeti fejlődés, amely magán viseli a 20. és a 21. század tudományos életének MI-jellegzetességeit. Már az 1950-es években zajlottak jelentős kutatások az MI alapösszetevőjének számító gépi tanulás tématerületén. Ezt az időszakot a szabályalapú taxonómiák használata és az előre magadott/meghatározott mintaillesztés jellemezte. Ezen időszakban a strukturálatlan szövegfeldolgozást, az automatikus tartalomfeldolgozást angol nyelven programozták, lévén amerikai és angol kutatók voltak a tématerület úttörői. Ugyanakkor a 60-as évek végén máris megjelentek a pesszimista hangok, akik úgy ítélték meg, hogy a gépi tanulás sosem ér el arra a szintre, ami a valós felhasználását eredményessé teszi. Aztán az 1980-as években a gépi tanulási algoritmusokra való áttérés és a feladatok feldolgozásának statisztikai megközelítése, a rövid és hosszú távú memóriaegységek programozása megjelent a gyakoriságon alapuló szóbeágyazottság alkalmazásában. Mindezen modelleket azért tervezték, mert ezek adták vissza leginkább az emberi gondolkodás, az emberi beszéd sajátosságait. Ugyanakkor a 2000-es évektől a nyelvprogramozás túllépte az egynyelvi (angol) megkötetést, és egyre több ország kutatócsoportjai fordultak a gépi tanulás, a beszéd-felismerés és beszédértés kutatási területe felé. A 2020-as évekre előállt az a helyzet, hogy nemcsak a nagy amerikai és brit egyetemeken, de az EU tagországaiban, valamint ázsiai egyetemeken (Kína, India, Japán) is jelentős tudású kutatócsoportok foglalkoznak a gépi tanulás fejlesztésével.

Ahogy a 4. ábrán látszik, elsősorban 2017-től, a gépi tanulás a természetes nyelvfeldolgozás (NLP) irányába mozdult el, illetve gyorsult fel. Az NLP célja, hogy a számítógép megértse a különböző nyelveket és szöveges információkat, azokat analitikus módon rendszerezze, kezelje, és a magas rendelkezésre állást biztosítsa a keresésben. Ugyanakkor a nagy nyelvi modellek valódi áttörése a természetes nyelvek megértésével kapcsolatos (NLU), ahol a szövegértés és a szemantikai elemzések elvégzése kerül a feladatvégzés fókuszába. [49] Az LLM

részterületei tehát arra irányulnak, hogy magasabb szinten legyünk képesek kommunikálni a számítógépünkkel, a számítógép-hálózatunkkal.

### A NYELVI MODELLEK KATEGORIZÁLÁSA

A nyelvi modellek besorolását, kategóriák közé szorítását, osztályozását több kutatótársam is megpróbálta, és több értékes tudományos közlemény született e témakört feldolgozva. Általánosan elfogadott azonban a hármas felosztás, amely alapvetően a gépi modellek cél/funkció alapján történő besorolását tűzi ki célul.

Az első lehetséges kategória az úgynevezett előképzésre alkalmas modellek csoportja, amelyek hangolását a nagy adatbázisok áttekintésére, feldolgozására, elemzésére alakították ki. Ezen modell alapján a gépi tanulás alapvetően igényli a teljes adatbázisokon belüli hozzáférést és a kutatást azokon belül. Ezen feldolgozási folyamat alapján megvalósulhat változatos nyelvi minták, illetve nyelvi szerkezetek feltérképezése. [50] Példaképpen érdemes felsorolni a GPT-3 és GPT 3.5, a T5 és XLN alkalmazásokat. [51]

Újabb osztályt képeznek a már valamilyen dedikált vagy tényleges cél érdekében tervezett gépi tanulási modellek, melyek a már előre szkennelt hatalmas adatmennyiségekben úgynevezett finomhangolást végeznek, azaz a meghatározott keresési cél érdekében többször, újra meg újra szkennelik a rendelkezésre álló gigantikus mennyiségű adatkészleteket, [52] majd a találatok alapján ezen kisebb adatmennyiségekben egyre szűkebb spektrumban kutakodva állítják elő a keresett információkat. Ezen gépi tanulási modellek rendkívül hatékonyak a szövegosztályozásokban, célirányos kérdések megválaszolásában, akár érzelmek elemzéseiben. A BERT (Bi-directional Encoder Representations from Transformers) és változatai, fejlesztett verziói az ALBERT, a RoBERTa modellek a Google fejlesztései, melyek a hardver-evolúció eredményeképpen egyre kisebb feldolgozási (processzor) kapacitásigénnyel [53] és belsőmemóriai szükséglettel lépnek fel. [54]

E kategorizálás alapján a következő változat az úgynevezett multimodális modellek osztálya, ahol a szöveges adatbázisok rendszeréből kilépve képeket, hang- és videófájlokat is felhasználnak annak érdekében, hogy a modell közvetlenül és nagy hatékonysággal értse meg, [55] dolgozza fel a szöveges alapadatok és a képek, videófájlok közötti koherenciát. [56] E modell lehetővé teszi a képek és videófájlok szöveges leírását, és ennek inverzeként, képesek szöveges fájl leírásából képeket vagy videófelvételt előállítani. [57] E nyelvi modell képviselői a CLIP, [58] a DALL-E [59] és az IBM Granite [60] applikációk.

### A NAGY NYELVI MODELLEK ÁLTALÁNOS HASZNÁLHATÓSÁGA

Azt gondolom, célszerűbb lenne összegyűjteni azokat – az életünk minden szegmensére kiterjedő – tématerületeket, ahol *nem alkalmazzuk* a mesterséges intelligenciát, a nagy nyelvi modellek által biztosított mozgási szabadságot a fizikai és a szellemi élet minden területén. Egyre nyilvánvalóbb, hogy nincsenek, vagy alig vannak ilyen területek az online világban, a kibertérben. Ezen modellek alkalmazása szinte már önműködő, háttérben futó, észre-

vétlen és – kijelenthetjük – magától értetődő is. A következőkben mégis teszek egy kísérletet, hogy – a teljesség igénye nélkül – felsoroljam, mely területeken alkalmazzuk a leginkább az MI vívmányait.

A szolgáltatásalapú polgári vállalkozásokban az úgynevezett chatbotok használata manapság már alapvetés. A chatbotok olyan fejlett alkalmazások, amelyek az NLP vívmányait felhasználva az emberhez nagyon hasonló módon képesek beszélgetésre és más interaktív együttműködésre. Az online felületeken egyszerre képesek kiszolgálni nagyszámú kommunikációs csatornát (például egy online vásárlásra szakosodott weboldalon futtatva, vagy egy szolgáltatócég, például villamosművek, vagy multi-kommunikációs [pl. Telekom, One, Yettel] vállalkozás ügyfélközpontú ügyintézését). A chatbotok az ügyfélkommunikáció alapján korlátosan ugyan, de tanulni képesek. [61] A fejlettebb rendszerek felismerik az emberi szófordulatokat, valamint ezeket alkalmazzák is a kommunikációjuk folyamán. Ezen képességük, hatalmas tudástárak lehetővé teszi, hogy nagy mennyiségű emberi munkát váltsanak ki több adatbázis szimultán, többlépcsős vizsgálatával, az információk széles spektrumban történő kinyerésével. [62]

E tématerülethez szorosan kapcsolódik az online értékesítés folyamatának LLM-általi optimalizálása, felgyorsítása. Az LLM támogatja a célirányos marketinget és a kinyert adatok magasabb szintű osztályozását, értelmezését és feldolgozását. Az összegzett információkat a gépi tanulás támogatásával az emberi ügyintézési idő töredéke alatt lehetséges feldolgozni, rendszerezni és az eredményeket újra felhasználni a következő tranzakciók folyamán. Más megközelítésben, az ügyfél-visszajelzések alapján a nyelvi modell képessé vált tanulni és adaptálódni. [63]

Az LLM tanulási képessége abban is megmutatkozik, hogy az eredetileg kialakított programnyelvtől (elsősorban angol, francia, olasz vagy kínai) eltérő nyelveket is képes az emberi tanulási, emberi ismeretfeldolgozási folyamatokhoz képest töredék-időmennyiség alatt áttekinteni, elsajátítani, e nyelveken feladatokat megoldani. Az LLM különböző algoritmusokkal megérti a nyelvek különféle összefüggéseit, dialektusokat, egy adott tájegységre jellemző szófordulatokat, így nagymértékben és széles körben alkalmazhatóak szövegből a kulcsszavak kinyerésére, összefoglalók készítésére, de akár szöveges alapküldetések részletes elemzésére is. [64]

Ehhez szorosan kapcsolódó terület az LLM-nek a kutatás-fejlesztésben megjelenő, egyre karakteresebb szerepe. A nagy nyelvi modellek széleskörűen képesek jó vagy kiváló minőségű tudományos közlemény, folyóiratcikk, tanulmány, dolgozat, akár évfolyamdolgozat, diplomamunka elkészítésére, előállítására, hiszen a világ legszéleskörűbb adatkapcsolati rendszerében képesek keresést-kutatást, elemzést és összefoglalást végezni. De innen továbblépve, a későbbiekben az LLM akár képes lehet arra is, hogy önállóan, tudományos területen hajtson végre előrelépést, akár azonos stílusban, formázással, tartalmi összefüggések áttekintésével, nagyban utánozva a rendelkezésre álló, illetve a tudományos, akadémiai anyagokat. [65]

Nagy előrelépés az LLM alkalmazása esetén, hogy magas szinten képesek elemzések elkészítésére, statisztikai

megaadatok igen rövid idő alatti áttekintésére, a vonatkozó munkafolyamatok automatizálására. Ez teszi, teheti lehetővé közel valós idejű statisztikai jelentések összeállítását ügyféltrendekről vagy egy adott szakterület, üzleti terület piaci viszonyainak az áttekintéséről. [66]

Úgy vélem, az egyik legintenzívebb fejlődés, előrelépés az MI alkalmazása területén a képzés, az oktatás során valósul meg. Az LLM határozottan támogatja az egyénre szabott tantárgyprogramokat és tanulási stratégiákat. [67] Az egyetlen korlát itt a hálózatelérés biztosítása, ami lehet fizikai/statikus elérés (optikai hálózatelérés) vagy a modern 4/5G cellás lefedettség használata a mobilinternet és a szolgáltatások elérésére. Az oktatásban nemcsak az adatbázisok elérése tud felgyorsulni, hanem virtuális asszisztensek támogatásával egyénre szabott oktatási program valósulhat meg, amely a felhasználó sajátosságaihoz (elfoglaltságok, elérési módok stb.) idomul. [68] Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a számítógépes, a mesterséges intelligenciát alkalmazó képzések, felkészülések folyamán az egyénre szabott tanulás folyamán a gépi tanulás (NLP és NLU) is fejlődik, felgyorsul. [69]

Katonai vonatkozásban a legígéretesebb LLM-alkalmazás a védelmi szoftverek fejlesztésében történő támogatás, ahol a meghatározott védelmi és biztonsági paraméterek alapján a fejlett gépi modellek igen rövid idő alatt képe-

sek előállítani, tesztelni, programozni azokat az alkalmazásokat, amelyek hozzájárulnak az adott nemzet, nemzetek, országok szövetsége, de akár világméretű egyesülések védelmi képességeinek növeléséhez. [70] Ezen védelmi szoftverek erős szoftvervédelmet, kvantálást, kódolást, információvédelmet igényelnek. Az információvédelmi folyamatok automatizálásában, a tesztfolyamatokban és a statisztikai elemzésekben nagy támogatást nyújtanak az LLM elemei. Néhány fejlesztői platform máris alkalmazza a GPT-3 és GPT 3.5 és 4.0 szoftvertervezői képességeit, és e folyamatok irányai jelenleg előre nem láthatóak, de igen kecsegtető lehetőségeket rejtenek a védelmi szektorban is. [71]

A tudományos közlemény második részében összefoglalom az LLM és a kibervédelem lehetséges kapcsolódásait, bemutatom a védelmi szektorban elérhető, megvalósítható eljárásrendeket és megoldásokat.

*A 2022-2.1.1-NL-2022-00012 azonosító számú Kooperatív Technológiák Nemzeti Laboratóriuma projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a 2022-2.1.1-NL Nemzeti Laboratóriumok Létrehozása, Komplex Fejlesztése pályázati program finanszírozásában valósul meg.* ■

(Folytatjuk)

## HIVATKOZÁSOK

- [1] Az Európai Unió hivatalos internetes oldala. 2025.02.10. [https://european-union.europa.eu/index\\_it](https://european-union.europa.eu/index_it) (Letöltve: 2025.01.31.)
- [2] Az EUROPOL hivatalos internetes oldala. 2025.02.01. <https://www.europol.europa.eu/about-europol-it> (Letöltve: 2025.01.31.)
- [3] Az EUROPOL figyelemztetése. 2025.01.31. <https://www.europol.europa.eu/media-press/newsroom/news/criminal-use-of-chatgpt-cautionary-tale-about-large-language-models> <https://doi.org/10.1055/a-2436-4957> (Letöltve: 2025.01.31.)
- [4] A Nemzeti Kibervédelmi Intézet közleménye. 2025.01.31. <https://nki.gov.hu/it-biztonsag/hirek/a-chatgpt-veszelyeire-figyelmeztet-az-europol/> (Letöltve: 2025.01.31.)
- [5] A Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága hivatalos internetes oldala. 2025.02.11. <https://szfh.hu/tevenyseg/kiberbiztonsagi-tanusitas/kiberbiztonsagi-felugyelet/> (Letöltve: 2025.02.11.)
- [6] A SecurityOpenLab hivatalos internetes oldala. 2025.02.10. <https://www.securityopenlab.it/news/4555/ai-e-cybercrime-il-quadro-italiano-le-sfide-per-il-2025.html> (Letöltve: 2025.02.11.)
- [7] Az OpenAI hivatalos internetes oldala. 2023.03.13. <https://openai.com/index/gpt-4/> (Letöltve: 2025.03.14.)
- [8] Cisternino, A.: GPT-4o, ecco la vera svolta della nuova intelligenza artificiale. 2024.05.15. <https://www.agendadigitale.eu/mercati-digitali/gpt-4o-lia-oltre-la-chat-cosa-cambia-e-cosa-si-potra-fare-gratis/> (Letöltve: 2025.05.15.)
- [9] Az EUROPOL hivatalos internetes oldala. 2025.02.01., 8–9. <https://www.europol.europa.eu/cms/sites/default/files/documents/Tech%20Watch%20Flash%20-%20The%20Impact%20of%20Large%20Language%20Models%20on%20Law%20Enforcement.pdf> (Letöltve: 2025.02.12.)
- [10] AI-vezérelt Social Engineering: a kibervédelem új kihívásai. 2024.12.06. <https://index.hu/info/2024/12/06/ai-vezerealt-social-engineering-a-kiberbiztonsag-uj-kihivaisai/> (Letöltve: 2025.02.02.)
- [11] A Nemzeti Kibervédelmi Intézet hivatalos internetes oldala. 2025.02.15. <https://nki.gov.hu/it-biztonsag/hirek/veszelyesek-lehetnek-a-harmadik-feltol-szarmazo-chatgpt-pluginok/> (Letöltve: 2025.02.17.)
- [12] Agenzia per la cybersicurezza nazionale hivatalos internetes oldala. 2025.02.14. <https://www.acn.gov.it/portale/strategia-nazionale-di-cybersicurezza> (Letöltve: 2025.02.17.)
- [13] Dematteo, F.: La nuova impresa di Trump da 500 miliardi di dollari nell'IA è un campanello d'allarme per gli investitori'. 2025.01.22. <https://it.investing.com/news/stock-market-news/la-nuova-impresa-di-trump-da-500-miliardi-di-dollari-nellia-e-un-campanello-dallarme-per-gli-investitori--green-di-devere-93CH-2658424> (Letöltve: 2025.02.01.)
- [14] Guerini, R.: In AI funding and research, China and US outperform Europe. Science and Business 2024.05.21. <https://sciencebusiness.net/news/ai-funding-and-research-china-and-us-outperform-europe> (Letöltve: 2025.05.23.)
- [15] Macron urges European action to attract AI projects 2025.02.10. Le Monde [https://www.lemonde.fr/en/france/article/2025/02/10/macron-urges-european-action-to-attract-ai-projects\\_6738003\\_7.html](https://www.lemonde.fr/en/france/article/2025/02/10/macron-urges-european-action-to-attract-ai-projects_6738003_7.html) (Letöltve: 2025.02.11.)
- [16] Az OpenAI hivatalos internetes oldala. 2025.02.15. <https://openai.com/index/gpt-4o-and-more-tools-to-chatgpt-free/> (Letöltve: 2025.02.16.)
- [17] Aglio, L.: Neumann, John, Enciclopedia dei ragazzi 2006, [https://www.treccani.it/enciclopedia/john-von-neumann\\_\(Enciclopedia-dei-ragazzi\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/john-von-neumann_(Enciclopedia-dei-ragazzi)/) (Letöltve: 2025.02.11.)
- [18] NATO – North Atlantic Treaty Organization. [https://www.nato.int/nato-welcome/index\\_hu.html](https://www.nato.int/nato-welcome/index_hu.html) (Letöltve: 2025.02.19.)
- [19] The Prague Summit Declaration. [http://www.nato.int/cps/en/SID-3D8E1C2E-E5B0BC8E/natolive/official\\_texts\\_19552.htm?selectedLocale=en](http://www.nato.int/cps/en/SID-3D8E1C2E-E5B0BC8E/natolive/official_texts_19552.htm?selectedLocale=en) (Letöltve: 2025.02.18.)
- [20] Bertolotti, C. Sfide e minacce non convenzionali. Osservatorio Strategico, 2021/6, 2. [https://www.difesa.it/assets/allegati/38334/07\\_bertolotti\\_os\\_6\\_2021\\_ita\\_web.pdf](https://www.difesa.it/assets/allegati/38334/07_bertolotti_os_6_2021_ita_web.pdf) (Letöltve: 2025.02.18.)
- [21] Cebrowski, A. K. – Garstka, J. H.: Network-Centric Warfare: Its Origin and Future, Chapter: How can the military not change. Proceeding magazine. January 2008. US Naval Institute. <http://www.usni.org/magazines/proceedings/1998-01/network-centric-warfare-its-origin-and-future> (Letöltve: 2025.02.01.)
- [22] Kovács, L.: Információs háborúk: célpontok, eszközök stratégiák. Előadás, ZMNE Információs Műveletek és Elektronikai Hadviselés Tanszék. [https://www.hte.hu/documents/10180/4737479/P1\\_3\\_Prof\\_Dr\\_Kovacs\\_Laszlo\\_Kibervedelmi\\_feladatok\\_a\\_honvedelemben.pdf](https://www.hte.hu/documents/10180/4737479/P1_3_Prof_Dr_Kovacs_Laszlo_Kibervedelmi_feladatok_a_honvedelemben.pdf) (Letöltve: 2025.02.01.)
- [23] Viglietta, R.: The Italian Army And Effects-Based Operations: A New Concept For An Army Of Use. School of Advanced Military Studies United States Army Command and General Staff College, Fort Leavenworth, Kansas, 2006, 33–53. <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA450638.pdf> (Letöltve: 2025.02.15.)
- [24] Haig, Zs.: Kritikus infrastruktúrák és kritikus információs infrastruktúrák. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, tanulmány 2012, 105–119. [https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/kritikus\\_infrastrukturak.pdf](https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/kritikus_infrastrukturak.pdf) (Letöltve: 2025.02.16.)

- [25] Szternák, Gy.: Gondolatok a hatásalapú- és hálózatközpontú katonai műveletekről. *Hadtudományi Szemle* 2008/3, 1–7. [https://real-j.mtak.hu/16787/?hadtudomanyi\\_szemle\\_2008\\_03.pdf](https://real-j.mtak.hu/16787/?hadtudomanyi_szemle_2008_03.pdf) (Letöltve: 2025.03.12.)
- [26] Puligheddu, A.: FORZA NEC: al via la conferenza internazionale. *Network Enabled Capability Technology* 2017.02.02. <https://www.difesaonline.it/evidenza/eventi/forza-nec-al-la-conferenza-internazionale-network-enabled-capability-technology> (Letöltve: 2025.03.15.)
- [27] Kassai, K.: A Magyar Honvédség információvédelmének – mint a biztonságrészének – feladatrendszere. Doktori (PhD) értekezés, Budapest 2007, 24–27. <https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/12088/ertekezés.pdf;jsessionid=C9D4EEEF4B756ECC4B485F26D5274D93?sequence=1> (Letöltve: 2025.03.11.)
- [28] Servidio, G.: Quando arriverà il 6G, come sarà e che differenza c'è rispetto al 5G? 2025.02.15. <https://www.geopop.it/6g-cose-quando-arriva-e-differenza-con-5g/> (Letöltve: 2025.03.12.)
- [29] Brown, R. H.: The national information infrastructure: agenda for action. Executive Office of the President, Information Infrastructure Task Force, 2003, 2.
- [30] Európai Bizottság: Javaslat az Európai Parlament és Tanács határozatára: „A digitális évtizedhez vezető út” szakpolitikai program. COM/2021/574 final, 2021.09.15.
- [31] Tálás, P.: A varsói NATO-csúcs legfontosabb döntéseiről. *Nemzet és Biztonság* 2016/2, 98–100. <https://doi.org/10.32576/nb.2024.2.3> (Letöltve: 2025.04.14.)
- [32] Ináncsi, M. – Dub, M.: Dezinformáció az Ipar 4.0 rendszerek elleni támadásokban. *Hadmérnök* 2024/3, 138–142. <https://doi.org/10.32567/hm.2024.3.10> (Letöltve: 2025.04.21.)
- [33] Industry 4.0 – Policy Department Economic and Scientific Policy, 2016. 22–23. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL\\_STU\(2016\)570007\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf) (Letöltve: 2025.03.12.)
- [34] Dalenogare L. S. et al.: The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Product Economics*, 2018/204, 383–394. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019> (Letöltve: 2025.04.14.)
- [35] Coldewey, D.: Age of AI: Everything you need to know about artificial intelligence, 2023.07.11. <https://techcrunch.com/2023/07/11/age-of-ai-everything-you-need-to-know-about-artificial-intelligence/> (Letöltve: 2025.03.01.)
- [36] Bajjaoui, A.: A mathematical introductions of neural networks Advanced Mathematics. Master Program of the Universitat de Barcelona Barcelona, 2020.01.12. 10–31. [https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/180441/2/tfm\\_lichtner\\_bajjaoui\\_aisha.pdf](https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/180441/2/tfm_lichtner_bajjaoui_aisha.pdf) (Letöltve: 2025.03.25.)
- [37] Guilhoto, L. F.: An Overview Of Artificial Neural Networks for Mathematicians. University of Chicago Department of Mathematics, 3–8. <https://math.uchicago.edu/~may/REU2018/REUPapers/Guilhoto.pdf> (Letöltve: 2025.03.26.)
- [38] LeCun Y. et al.: Deep learning. *Nature Magazine*, 2015.05.17. 436–444. <https://www.nature.com/articles/nature14539> (Letöltve: 2025.01.31.)
- [39] Goldberg: A primer on neural network models for natural language processing, *JAIR Vol. 57*, 2016.11.20. <https://doi.org/10.1613/jair.4992> (Letöltve: 2025.03.31.)
- [40] Rumelhart, D. E. et al.: Learning representations by back-propagating errors. *Nature Magazine* 1986.01.10, 533–535. <https://www.cs.utoronto.ca/~hinton/absps/naturebp.pdf> (Letöltve: 2025.01.12.)
- [41] Jurafsky D. – Martin J.H.: *Speech and Language Processing* (3rd ed. draft) 2023. <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/3.pdf> (Letöltve: 2025.01.15.)
- [42] Vaswani, A.: Attention Is All You Need. *Advances in Neural Information Processing Systems* 2017, 5998–6008.
- [43] Mikolov, T.: Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space, 2013. <https://arxiv.org/pdf/1301.3781> (Letöltve: 2025.04.14.)
- [44] Wei, J. et al.: Emergent abilities of large language models, 2023. máj. <https://openreview.net/pdf?id=yzkSU5zdwD> (Letöltve: 2025.04.14.)
- [45] Wei J. et al.: Chain-of-Thought Prompting Elicits Reasoning in Large Language Models, *Correl University*, 2022.11.28. <https://arxiv.org/abs/2201.11903> (Letöltve: 2025.01.18.)
- [46] Karsa I. – Négyesi, A.: A nagy nyelvi modellek alkalmazhatóságának áttekintése a katasztrófavédelmi hatósági eljárások során. *Védelem-tudomány* 2024/2, 42–44. <https://doi.org/10.61790/vt.2024.15993>
- [47] Radford A. et al.: Language Models are Unsupervised Multitask Learners. *Open AI website* 2019. [https://cdn.openai.com/better-language-models/language\\_models\\_are\\_unsupervised\\_multitask\\_learners.pdf](https://cdn.openai.com/better-language-models/language_models_are_unsupervised_multitask_learners.pdf) (Letöltve: 2025.01.14.)
- [48] Mohana, N.: *Natural Language Processing – presentazione*. Avinashilingam University 2024, slide 05. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13534.04169>
- [49] Chorowski, J.: Attention-based models for speech recognition, *Neural Information Processing Systems* 2015. Cornell University, 2015, 577–585. [https://proceedings.neurips.cc/paper\\_files/paper/2015/file/1068c6c4e8051cfd4e9ea8072e3189e2-Paper.pdf](https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2015/file/1068c6c4e8051cfd4e9ea8072e3189e2-Paper.pdf) (Letöltve: 2025.01.24.)
- [50] Mohamadi, S. et al.: ChatGPT in the Age of Generative AI and Large Language Models: A Concise Survey. 2023.07.09. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.04251>
- [51] Ofosu-Ampong, K. et al.: Acceptance of Artificial Intelligence (ChatGPT) in Education: Trust, Innovativeness and Psychological Need of Students, *Information and Knowledge Management*, 2023/4, 37–47. [https://www.researchgate.net/publication/372787378\\_Acceptance\\_of\\_Artificial\\_Intelligence\\_ChatGPT\\_in\\_Education\\_Trust\\_Innovativeness\\_and\\_Psychological\\_Need\\_of\\_Students](https://www.researchgate.net/publication/372787378_Acceptance_of_Artificial_Intelligence_ChatGPT_in_Education_Trust_Innovativeness_and_Psychological_Need_of_Students) (Letöltve: 2025.04.13.)
- [52] Hadi, M. U. et al.: A Survey on Large Language Models: Applications, Challenges, Limitations, and Practical Usage. *TechRxiv*, Aug 2024, [https://www.researchgate.net/publication/383058502\\_Large\\_Language\\_Models\\_A\\_Comprehensive\\_Survey\\_of\\_its\\_Applications\\_Challenges\\_Limitations\\_and\\_Future\\_Prospects](https://www.researchgate.net/publication/383058502_Large_Language_Models_A_Comprehensive_Survey_of_its_Applications_Challenges_Limitations_and_Future_Prospects) (Letöltve: 2025.04.11.)
- [53] Keya, A. J. et al.: Recurrent ALBERT for recommendation: A hybrid architecture for accurate and lightweight restaurant recommendations November 2023, *IET Wiley* [https://www.researchgate.net/publication/375230162\\_Recurrent\\_ALBERT\\_for\\_recommendation\\_A\\_hybrid\\_architecture\\_for\\_accurate\\_and\\_lightweight\\_restaurant\\_recommendations](https://www.researchgate.net/publication/375230162_Recurrent_ALBERT_for_recommendation_A_hybrid_architecture_for_accurate_and_lightweight_restaurant_recommendations) (Letöltve: 2025.04.14.)
- [54] Bottyán, S.: A nagy nyelvi modellek működése és képzése, valamint alkalmazásuk stratégiai elemzése, 1. rész. *Nemzetbiztonsági Szemle* 2025/1, 77–95. DOI: 10.32561/nsz.2025.1.6 (Letöltve: 2025.08.30.)
- [55] What are multimodal language models? Applications, challenges and how they work <https://hu.shaip.com/blog/multimodal-large-language-models-mlms/> (Letöltve: 2025.01.25.)
- [56] UK Government Policy paper: A pro-innovation approach to AI regulation Updated. Part 3 and Part 4. 2023.08.03. <https://www.gov.uk/government/publications/ai-regulation-a-pro-innovation-approach> (Letöltve: 2025.01.15.)
- [57] McFarland, A.: Az 5 legjobb nyelvi modell (LLM) 2025 februárjában. 2024.09.19. <https://www.unite.ai/hu/legjobb-nagy-nyelvi-modellek-llms/> (Letöltve: 2025.01.25.)
- [58] Az OpenAI weboldala: <https://openai.com/index/clip/> (Letöltve: 2025.01.25.)
- [59] Az AI-pro.org weboldala: [https://ai-pro.org/start-dall-e-c/?locales=it&keyword=dall-e&adid=725838274279&ppg=05&pmt=paydl&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiAnpy9BhAkEiW-P8N4tXIPsi\\_LVhX6utx3olq1QvlpYQW-CaD6taGpQNJ7s6i22QAcxaPxoCXocQAvD\\_BwE](https://ai-pro.org/start-dall-e-c/?locales=it&keyword=dall-e&adid=725838274279&ppg=05&pmt=paydl&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAnpy9BhAkEiW-P8N4tXIPsi_LVhX6utx3olq1QvlpYQW-CaD6taGpQNJ7s6i22QAcxaPxoCXocQAvD_BwE) (Letöltve: 2025.01.22.)
- [60] Az IBM weboldala: [https://www.ibm.com/it-it/granite?utm\\_content=SRCWW&p1=Search&p4=43700081258569042&p5=p&p9=58700008825608863&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiAnpy9BhAkEiW-P8N4hrm2YDW-PiPuskmlHR3o5FSX6GDI4OgTaEElewhChRAFir\\_oNuY8RoC2vQQAvD\\_BwE&gclid=aw.ds](https://www.ibm.com/it-it/granite?utm_content=SRCWW&p1=Search&p4=43700081258569042&p5=p&p9=58700008825608863&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAnpy9BhAkEiW-P8N4hrm2YDW-PiPuskmlHR3o5FSX6GDI4OgTaEElewhChRAFir_oNuY8RoC2vQQAvD_BwE&gclid=aw.ds) (Letöltve: 2025.01.25.)
- [61] Creativesite vállalkozás. *Veszprém, Magyarország* 2025. <https://creativesite.hu/webdesign-blog/mi-az-a-chatbot> (Letöltve: 2025.01.25.)
- [62] Tlili, A. et al.: What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. *Smart Learning Environments*, 2023/1, 15. <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-023-00237-x> (Letöltve: 2025.03.14.)
- [63] Dwivedi, Y.: So what if ChatGPT wrote it? Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. *International Journal of Information Management* 71/2023, 102642. <https://forskning.ruc.dk/en/publications/so-what-if-chatgpt-wrote-it-multidisciplinary-perspectives-on-opp> (Letöltve: 2025.04.19.)
- [64] Wang, J.: On the Robustness of ChatGPT: An Adversarial and Out-of-distribution Perspective 2023. <https://arxiv.org/pdf/2302.12095.pdf> (Letöltve: 2025.01.25.)
- [65] Cotton, D.: Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. *Innovations in Education and Teaching International* 2023, 1–12. <https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2190148> (Letöltve: 2025.01.25.)
- [66] Dai, H.: ChatAug: Leveraging ChatGPT for Text Data Augmentation. 2023.02.28, 4–6. <https://it.scribd.com/document/695626214/2302-13007> (Letöltve: 2025.01.25.)
- [67] Pericles, R.: Artificial intelligence in teaching and learning: what questions should we ask of ChatGPT? *Interactive Learning Environments* 2023.02.22. 1–3. <https://it.scribd.com/document/760339411/Artificial-intelligence-in-teaching-and-learning-what-questions-should-we-ask-of-ChatGPT> (Letöltve: 2025.04.12.)
- [68] Duha, A. et al.: ChatGPT in Teaching and Learning: A Systematic Review. *Education Sciences* 2024/6, 18. <https://doi.org/10.3390/educsci14060643>
- [69] Adiguzel, T. et al.: Revolutionizing education with AI: Exploring the transformative potential of ChatGPT. 2023.03.28. *Contemporary Educational Technology*, 2023/3, 429. <https://www.cedtech.net/download/revolutionizing-education-with-ai-exploring-the-transformative-potential-of-chatgpt-13152.pdf> (Letöltve: 2025.04.12.)
- [70] Ray, P.: ChatGPT: A comprehensive review on background, applications, key challenges, bias, ethics, limitations and future scope. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems* 2023/4, 121–154. [https://www.researchgate.net/publication/370036739\\_ChatGPT\\_A\\_comprehensive\\_review\\_on\\_background\\_applications\\_key\\_challenges\\_bias\\_ethics\\_limitations\\_and\\_future\\_scope](https://www.researchgate.net/publication/370036739_ChatGPT_A_comprehensive_review_on_background_applications_key_challenges_bias_ethics_limitations_and_future_scope) (Letöltve: 2025.04.13.)
- [71] Caballero, W. – Jenkins, P.: On LLM in national security applications. 2024.07.03. <https://arxiv.org/html/2407.03453v1> (Letöltve: 2025.04.14.)

OCSKAY ISTVÁN\*

# A TERMOBÁRIKUS HATÁS ÉS AZ AZON ALAPULÓ FEGYVEREK TÖRTÉNETE

II. RÉSZ

**A**z orosz–ukrán háború kapcsán egyre gyakrabban hallunk a különféle termobárikus fegyverekről, és az azokkal végrehajtott csapások pusztító hatásairól is rengeteg videó terjed különféle közösségimédia-felületeken. A szerző cikksorozatának első részében bemutatta, hogy valójában mit nevezünk termobárikus robbanásnak, és milyen hatáson alapul annak hatalmas pusztító ereje. Megvizsgálta az ilyen harci résszel szerelt fegyverek emberi szervezetre gyakorolt hatását és a fegyverek alkalmazásának legalitását. A cikksorozat második részében a szerző a termobárikus fegyverek fejlesztését és alkalmazását mutatja be.



1. ÁBRA. 43 mm-es GM-94 típusú, orosz gyártású gránátvető és rendszeresített löszertípusai, köztük a VGM-93 típusú termobárikus töltettel szerelt gránát a jobb szélén (Forrás: Shutterstock)

## A TERMOBÁRIKUS FEGYVEREK MEGJELENÉSE, FEJLESZTÉSE ÉS ALKALMAZÁSA

A termobárikus fegyverek első említésre méltó alkalmazására a II. világháborús német hadseregben került sor, ahol a hatcsövű, 15 cm-es Nebelwerfer rakétavetőt használták erre a célra, amihez olyan rakétákat alkalmaztak, amelyek töltete propángázt tartalmazott. A hat csőből öt tartalmazta ezeket a rakétákat, míg a hatodik egy hagyományos robbanóanyaggal töltött rakéta volt. Az egymás után indított öt, propángázzal töltött rakéta a becsapódáskor felszakadt, kiszabadítva ezáltal a propánt, amely a levegővel elkeveredve robbanóelegyet képzett. Az utolsó rakéta a becsapódáskor felrobbant, amely berobbantotta a robbanóanyag-felhőt, ezzel fokozott nyomáshullámot és pusztítóhatást hozva létre. Nincsenek fellelhető információk a rakétavető ilyenét való alkalmazásának hatékonyságáról.

## AMERIKAI FEJLESZTÉSEK

E korai próbálkozásokat követően az 1960-as évek közepéig nem voltak hírek a termobárikus fegyverek fejlesztésével kapcsolatban. Az USA is csak a vietnámi háború során kezdte alkalmazni ezeket a fegyvereket, de jellemzően a helikopter-leszállóhelyek kialakítására vagy nagy kiterjedésű elaknásított terület aknamentesítésére. Ennek érdekében különféle tömegű, ezáltal hatóerejű – folyékony üzemanyag-töltetű – bombákat fejlesztett ki és alkalmazott. Az akkor még üzemanyag-levegő robbanóanyagként nevezett fegyverek első alkalmazására 1967-ben került sor Vietnámban. Az akkor bevetett ejtőlőszer egy etilén-oxidot tartalmazó tartályból állt, amely egy előre beállított magasságban felhasadt, ezzel etilén-oxid gázfelhőt bocsátott ki magából, amelyet egy időzítő gyújtó begyújtott, és ezzel rendkívül nagy túlnyomású robbanást idézett elő. Ez a robbanás megsemmisítette a célterületen lévő vegetációt, vagy felrobbantotta a területen lévő aknákat.

A haditengerészet China Lake-i Légifegyverzet tervező-tesztelő központjában (Naval Air Weapons Station China Lake) fejlesztették ki az első kazettás bombának<sup>1</sup> nevezett – 348 kg-os (750 fontos) CBU-55 (Cluster Bomb Unit – kazettás bomba) – légbombát, ami három BLU-73A/B (Bomb Live Unit – élesbomba) résztöltetet tartalmazott. Ez utóbbi töltetek propánnal voltak megtöltve, és egy-egy fékezőernyővel ereszkedtek a célterület fölé, ahol a közelségi gyújtó felhasította a tartályokat, majd felrobbantotta a keletkezett propán-levegő keveréket. A fékezőernyők alkalmazásával azonban megnőtt a három töltet egymástól való eltávolodása, amit már egy kis erősségű szél is képes volt tovább növelni. Ezáltal csökkent a fegyver hatékonysága, aminek kivédésére alacsony magasságban oldották a kazettás bombát. A robbanás közelsége – valamint a légvédelem nagyobb hatékonysága – azonban jelentősen csökkentette a hordozójármű túlélési esélyeit. A sikertelennek minősített kísérletek után már csak egyszer vetették be a fegyvert 1975-ben, amikor is a Dél-Vietnámi Légierő egy C-130 Hercules szállító repülőgépe 6098 m (20 000 láb) magasságból dobta le a bombát. A robbanás egy észak-vietnámi gyalogos zászlóalj 250 katonáját és több mint 16 000 m<sup>2</sup>-es területet pusztított el. Az élőerő – a termobárikus robbanás hatásmechanizmusa miatt – nem megégett, hanem az elvont oxigén miatt megfulladt. [2]

Az amerikai haderő továbbfejlesztette a CBU-55 kazettás bombát, létrehozva a CBU-72 típust, amely három BLU-73/B töltetet tartalmazott. Ezek mindegyike mint-

\* PhD, katonai szakíró. ORCID: 0000-0003-0279-8215

<sup>1</sup> Más elnevezéssel: fűrtös bomba.





egy 34 kg etilén-oxidot tartalmazott. Ledobás után a három résztöltet 9 méteres magasságban robbant fel, ezzel mintegy 18 méter átmérőjű és 2,43 méter vastag gázfelhőt hozva létre, amit kicsivel később a bomba késleltetett gyújtója berobbantott. A CBU-72-t az amerikai tengerészgyalogság Grumman A-6E Intruder harci repülőgépei is alkalmazták az 1991-es *Sivatagi Vihar* hadműveletben, ahol 258 darab ilyen légibombát dobtak le aknamezők és a lövészárkokban megbúvó katonák ellen, de inkább a pszichológiai hatásukat használták ki. Ezt követően az USA még az 1990-es években kivonta a hadrendből a termobárikus tölteteket tartalmazó CBU típusú bombáit. [3]

A CBU-bombák mellett az USA egészen 2008-ig alkalmazott olyan nagy erejű termobárikus bombákat, mint a BLU-82. Az amerikai mérnökök rájöttek, hogy ha nagyobb robbanást szeretnének létrehozni, mint ami a CBU-bombákkal elérhető, akkor a továbbiakban már nem használhatják a gáz-halmazállapotú üzemanyagokat. Ezért a 6800 kg (15 000 font) tömegű BLU-82 bomba már 5715 kg GSX (Gelled Slurry Explosives: zselésített iszapos robbanószer) nevű zselésített robbanóanyagot tartalmaz, amely ammónium-nitrát, alumíniumpor és polisztirolhab keveréke, és amelynek a robbanásakor több mint 0,68 MPa (6,8 bar) nyomás keletkezik. A jelentések szerint képes 5 km-es elaknásított utat felrobbantani, vagy – amire Vietnámban előszeretettel használták – a dzsungelben bárhol képes volt helikopter-leszállóhelyet kialakítani a növénytakaróval fedett részeken is.<sup>2</sup> Mivel a pusztítóképesége csak akkor volt biztosítható, ha közvetlenül a földfelszín felett robbantották fel, ezért a bomba kontakt gyújtója egy 970 mm hosszú rúdon helyezkedett el a bomba orr-részen (2. ábra).

A következő fejlesztési szakaszban olyan bombákat terveztek létrehozni, amelyek nagy

sebességű repülőgépekről is ledobhatók, mert a korábbi termobárikus bombákat jellemzően csak C-130 teherszállító repülőgépről lehetett alkalmazni. Így jutottak el a BLU-109/118 légibombákhoz. Ahhoz, hogy kisebb méretű bombák is hasonló pusztítóerővel bírjanak, mint a nagyobb elődek, a mérnökök másfajta robbanóanyag alkalmazását látták célravezetőnek. Ez lett a PBXIH-135, amely oktogén<sup>3</sup>, HTPB (hydroxy-terminated polybutadiene binder: hidroxi-végződésű folyékony polibutadién kötőanyag) és alumíniumpor keveréke volt, ahol ez utóbbi felelt a kiemelkedő hőmérsékletű égés létrehozásáért. Az *Enduring Freedom* hadművelet támogatására a fejlesztők 67 nap alatt fejlesztették ki a BLU-118 típusú termobárikus bombát. A 907 kg-os (2000 fontos) bombák 254 kg (560 font) PBXIH-135 vagy PBXIH-135EB típusú robbanóanyaggal voltak feltöltve. [4]



2. ÁBRA. BLU-82 bomba [20]

3. ÁBRA. BLU-82 típusú üzemanyag-levegő légibombák előkészítése Vietnámban [2]

4. ÁBRA. Nebelwerfer 41-es újratöltése; Szovjetunió, 1944. január [1]

<sup>2</sup> Mivel a bevetések során ezeket a fegyvereket párban szokták indítani, ezeket gyakran a „BLUes Brothers” becenévvel is illették.

<sup>3</sup> Más néven robbanó nitrámin, HMX – High Melting Explosive: magas olvadáspontú robbanóanyag.



5. ÁBRA. Az első TOSz-1 típusú nehéz lánoszórók egy afganisztáni bevetés szünetében [7]

#### SZOVJET-OROSZ FEJLESZTÉSEK

Ebben az időszakban a Szovjetunió is érdekelt volt a termobárikus fegyverek fejlesztésében, de csupán kisebb mennyiségben gyártott ilyet az ejtőlőszerék helyett. Fontosabbnak találta a szárazföldi erők kötelékében alkalmazható termobárikus fegyverek fejlesztését és alkalmazását, amit az akkor már folyó afganisztáni háború is szükségessé tett. 1988-ra a TOSz-1 (Tyazsolaja ognemjotnaja szisztema – TOC, nehézlánoszóró-rendszer<sup>4</sup>) prototípusát Afganisztánba telepítették harci körülmények közötti értékelésre. A 220 mm űrméretű, többcsöves rakétavető rendszert egy T-72-es harckocsi hordozóvázára alakították ki. Mivel a termobárikus töltetű rakéták maximális hatótávolsága kezdetben csupán 3 km volt, ez a rövid hatótávolság szükségessé tette, hogy a rakéták hordozására erősen páncélozott harcjárművet alkalmazzanak, amely az akkor nagy mennyiségben rendelkezésre álló, megbízható T-72 harckocsi hordozóváza volt. A TOSz-1-et a szovjet erők 1988-ban és 1989-ben is használták Afganisztánban, és kielégítő eredményeket értek el vele, ami megnyitotta az utat a rendszer jelentős számú bevetése előtt. [5]

A lánoszórórendszer további elterjedését csupán az állította meg, hogy a szovjeteknek ki kellett vonulniuk Afganisztánból, majd felbomlott a Szovjetunió, ami súlyos gazdasági válságot hagyott maga után. A TOSz-ok ismételt

bevetése egy újabb háborúig várattot magára, ez pedig a – majdnem 20 éven keresztül tartó – csecsenföldi konfliktus volt. Gennagyij Trosev vezérezredes, az észak-kaukázusi orosz erők egykori parancsnoka az első és második csecsenföldi háború idején, emlékirataiban megjegyezte: „E rendszer nagy pontossága és nagy megsemmisítési hatékonysága lehetővé tette, hogy olyan eredményeket érjünk el, ahol más tüzérő erőtlen volt.” [6] A gazdasági helyzet javulásával, illetve a hadi helyzet romlásával ismételt szükség volt a TOSz-1 rendszerek alkalmazására, melyeknek jelentős érdeme volt a háború 2009-es befejezésében. A fegyver hatékonyságát további fejlesztésekkel javították, amelyek jellemzően annak hatótávolságára fókuszáltak. Ennek megfelelően ma már rendszerben áll a TOSz-1A, a TOSz-2, és hamarosan használatba veszik a TOSz-3 típusú nehézlánoszóró-rendszereket is.

Oroszország élen járt a termobárikus harci részek gyalogsági fegyverekből történő alkalmazásában is. Az egyik legkorábbi fejlesztés e tekintetben az RPO-A (Reaktivnij pehotnij ognemjot RPO-A Smel) rakétavető volt, ami egy 93 mm átmérőjű, 600 m-es hatótávolságú, egyszer indítható kivételű eszköz, termobárikus rakétával felszerelve. A Smel rakéta hatékonyságát egy 122 mm-es tüzérségi repeszgránát okozta pusztításhoz hasonlítják, amely épületek és zárt terek ellen alkalmazva még akár nagyobb is

<sup>4</sup> Szó szerinti fordításban; és bár a vegyvédelmi szakcsapatok alárendeltségében használják, ezek tüzérségi rendszerek, közelebb állnak a sorozatvető fegyverekhez. Mindazonáltal konzekvensen nehézlánoszóró-rendszerként hivatkozik rá.

lehet. Bár elődjének sokan az RPO–Risz rakétavetőt tekintik, ez utóbbi is egy rakétavető, amely kifejezetten gyújtó- vagy füstképző keveréket tartalmazó rakétával rendelkezik, és nem termobárikus robbanófejvel. A szovjetek a már rendszerben lévő, vállról indítható rakétavetőik részére is gyártottak termobárikus robbanóanyaggal szerelt gránátokat, így az RPG–7-hez a TPG–7V, az RPG–29-hez a TBG–29V termobárikus gránátokat, az RPG–32 típushoz pedig a TBG–32V termobárikus gránátot rendszeresítették. Egyszer használatos páncéltörő eszközöket is gyártottak termobárikus harci részekkel, mint például az RPG–26 Aglenny-2 az RSG–2 (Reaktivnaja Sturmovaja Granata) robbanófejvel, vagy az RPG–27-et az RSG–1 típusú harci résszel szerelve.

A kézfegyverekben alkalmazott termobárikus robbanófejek bevezetését követte a távirányított, jellemzően páncéltörésre alkalmas rakétafegyverek termobárikus robbanófejvel történő felszerelése. Ennek nyomán az orosz fegyveres erőknél megjelentek a Sturm, az Ataka, a Fagot és a Kornet páncéltörő rakéták termobárikus robbanófejvel szerelt változatai is. De hasonlóan jártak el a szovjetek/oroszok a különféle sorozatvető rendszerek esetében is: ennek megfelelően léteznek a 220 mm-es BM–27 Uragan és a 300 mm-es BM–30 Szmecrs sorozatvetőkhöz – vagy annak kisebb változatához, a 9A52-4 Tornado típusához – rendszeresített termobárikus harci részek, mint a 9M55Sz vagy a 9M529. Ugyanígy, a 80 mm-es Sz–8D és a 122 mm-es Sz–13D levegő-föld nem irányítható rakétákhoz is rendszeresítettek termobárikus harci részeket. Az orosz légierő is rendelkezik termobárikus légibombákkal különféle méretben és rávezetési rendszerrel.

Bár a NATO-tagországok fegyveres erői kisebb mennyiségben használnak termobárikus kézfegyvereket, azonban e gyalogsági fegyver hatékonysága miatt náluk is megtalálhatók lettek ezek az eszközök. Az egyik ilyen amerikai fegyver a 2000-es években a US Marine Corps részére legyártott Mk 153 típusú, vállról indítható többcélú gyalogsági fegyverhez (Shoulder-Launched Multipurpose Assault Weapon – SMAW) kifejlesztett Mk 80 Mod 0 Encased Novel Explosive (SMAW-NE) típusú rakéta volt. Az USA 2023 elején számos SMAW típusú páncéltörő rakétaindítót adott át az ukrán szárazföldi erőknél, arról azonban nincsen információ, hogy a páncéltörő SMAW-rakéták mellett SMAW-NE rakétákat is szállítottak-e részükre. A termobárikus harci résszel szerelt rakéta kifejezetten az iraki városi harcok támogatására készült, bevetésére 2004-ben, az iraki Fallúdzsa első és második ütközetében sor került. Szintúgy a Közel-Keleten vetették be a jól ismert AGM–114 Hellfire páncéltörő rakéta termobárikus harci résszel szerelt változatát az AGM–114N4 típust. Többek között a brit Királyi Légierő (Royal Air Force – RAF) MQ–9 Reaper UAV-i alkalmaztak 13 db ilyen típusú rakétát Szíria felett, az Iszlám Állam erői ellen.

Afganisztánban az USA már használt termobárikus fegyvert, először 2001-ben, hogy megpróbálja megsemmisíteni a Tora Bora hegység barlangjaiban rejtőzködő al-Kaida-erőket és vezetőjüket, Oszama bin Ladent. Ezt követően 2017-ben az Iszlám Állam erői ellen vetett be ilyen eszközt a U.S. Air Force. A 2017 áprilisában az afganisztáni Nangar-

har tartományban lévő megerősített alagutakból és bunkerekből álló földalatti hálózat ellen bevetett MOAB (Massive Ordnance Air Blast: nagy hatóerejű légi robbantású fegyver) bomba hatásainak elemzése során nem lehetett megállapítani az áldozatok pontos számát, mivel a robbanási terület közelében minden élőlény elporladt: a becslések szerint azonban 36 és 85 között mozgott a feltételezett halálos áldozatok száma. [8]

Mindkét ország fejlesztett hatalmas, levegőből indítható változatokat is, kifejezetten a barlangokban és alagút-komplexumokban meghúzódó ellenállók semlegesítésére. 2003-ban az USA tesztelte a 9800 kg-os MOAB (közismert nevén „Mother of All Bombs”, azaz „minden bombák anyja”) bombát. Négy évvel később Oroszország kifejlesztette a saját, nagy hatóerejű termobárikus légibombáját, a FOAB-ot, amely a világ létező legnagyobb pusztító erejű nem nukleáris fegyvere lett, „minden bombák atyja” („Father of All Bombs”). A hivatalos elnevezés szerint növelt hatóerejű vákuum légibomba (Aviacionnaja vákuumnaja bomba povissennoj mosnosztyi), nagy hasonlóságot mutat a GBU-43/B MOAB bombával, beceneveik is erre utalnak. A 7,1 tonnás FOAB bombának a robbanása mindent elpusztít 300 méter sugarú körben, így megfeleltethető egy 44 tonnás hagyományos robbanóanyaggal töltött bomba hatóerejének. [9]

E fegyverek sokfélesége azt is megmutatta, hogy az ilyen jellegű harceszközök előállítása vélhetően nem jelent akkora kihívást, mint azt sokan gondolták, ami az ebbe a kategóriába tartozó fegyverek elterjedésének egyik alapját képezi. Napjainkban – az USA és Oroszország mellett – a termobárikus fegyvereket kifejlesztő országok közé tartozik többek között Kína, India, Irán, Észak- és Dél-Korea, Szerbia, Spanyolország, Brazília és Ukrajna. Mivel ezeknek a fegyvereknek a működési elve egyszerű, ezek akár „házi-lagosan” is előállíthatók, ami miatt az ún. nem állami szereplők is képesek nagy méretű improvizált robbanószerkezetek (IED) potenciális előállítására és bevetésére. Példa erre, amikor a Jemaah Islamiyah merénylői a 2002-es bali merényletek során a Sari éjszakai klub elleni támadáshoz

6. ÁBRA. Orosz gyártmányú RG–60TB termobárikus kézigránát (a kép bal szélén) [21]



7. ÁBRA. Ukrán gyártmányú RGT-27S2 és RGT-27S2 típusú termobárikus kézigránatok [13]

8. ÁBRA. Amerikai gyártmányú Mk 14 Anti-Structure-Munition (ASM) típusú termobárikus kézigránát [14]

a termobárikus elven alapuló, lökészerűen szétszórt szilárd üzemanyag-töltetet használtak. [10] Ezeknek az improvizált robbanóeszközöknek a pusztító hatása jelentősen nagyobb a hétköznapi IED eszközökhöz képest, és hasonlóan azokhoz, ezek is összeépíthetők a háztartásban elérhető összetevőkből.

### KÜLÖNFÉLE TERMOBÁRIKUS FEGYVEREK

A termobárikus fegyverekről azt gondolnánk, hogy nagy méretű eszközök, amelyeknek a hordozására, bevetésére legalább bombázó repülőgépek vagy sorozatvető rendszerek szükségesek, de ez nincsen teljesen így. Léteznek egészen kicsi, egyesharcos által használható fegyverek is. Lássuk ennek megfelelően – a legkisebb hatóerejétől a legnagyobb hatóerejű termobárikus fegyverekig –, hogy milyen eszközök állnak, álltak a különböző országok rendelkezésére termobárikus fegyver elnevezés alatt.

### KÉZIFEGYVEREK, GRÁNÁTOK, GRÁNÁTVETŐK, AKNÁK

A kézi termobárikus gránátok célja a különböző típusú óvóhelyeken és nyílt területeken tartózkodó élőerő megsemmisítése, valamint a gépjárművek és a gyengén páncélozott harcjárművek rongálása, harcképtelenné tétele. Használatuk során néhány másodperc alatt olyan, relatív nagy volumenű tűzfelhő keletkezik a területen, amelynek térfogata 6-13 m<sup>3</sup> és hőmérséklete 2500-3000 °C körüli. Néhány példa a rendszerben lévő termobárikus kézigránatokra:

#### Orosz RG-60TB (PG-60TB) típusú termobárikus kézigránát

Az RG-60TB (RG – Rucsnaja granata, átmérő 60 mm TB – Termobaricseszakaja) termobárikus gránát kifejlesztése a 2010-es évek elején kezdődött az orosz hadsereg és belügyminisztérium igényei alapján. Olyan kis méretű, de nagy hatóerejű fegyvert szerettek volna kapni a megrendelők, amelyekkel zárt helyeken növelni tudták a rombolási képességet. Ezért fordultak a tervezők a termobárikus robbanóanyagokhoz, amelyeknek a hatása – a korábban részletezett tényezők miatt – zárt térben fokozottan jelentkezik. A közzétett adatok szerint az RG-60TB gránát a hatóerejét tekintve megegyezik 550-660 gramm TNT detonációjával, amely körülbelül egy 76 mm-es tüzérségi gránát erejével egyenértékű.

Hasonlóan a többi termobárikus fegyverhez, a kézigránátban is található egy robbanóelegy, amelyet egy töltet szór szét a célterületen, amit kis késleltetéssel egy másik töltet robbant be. Az RG-60TB 180 mm hosszú sajtoló acélvázában mindösszesen 240 g tömegű termobárikus töltet található, míg a gránát teljes tömege kevesebb, mint 350 g. A gránát repeszhatása természetesen jelentősen alulmarad a hagyományos kézigránatokéhoz képest, mivel sem vastag külső héjjal, sem repesznövelő burok-

kal nem rendelkezik. Azonban a robbanóelegy égése során nagy mennyiségű hő szabadul fel, amely meggyújthatja a környezet éghető tárgyait. Az RG-60TB gránátok nyílt terepen történő használata esetén annak robbanása 7 m-es körzetben fejt ki hatását, ami többszöröse lehet egy hagyományos gránáthoz képest.

#### Ukrán RGT-27S2 típusú termobárikus kézigránát

A gránátot kétféle formában gyártják: az RGT-27S2 téglatest alakú burkolattal, míg az RGT-27S2 hengeres burkolattal készül. A hengeres kialakításút hagyományos gránátként, míg a téglalap keresztmetszetűt járművek, falak felületére tapasztva használják. A gránátokat 2017-ben mutatták be a nyilvánosságnak és 2020-ban már rendszeresítették az ukrán fegyveres erők állományában. [11]

A gránát robbanásakor a legfeljebb 600 gramm tömegű RGT-27 gránát négy másodpercig 13 m<sup>3</sup>-es tűzfelhőt hoz létre, amely hőmérséklete 2500 °C-nál is magasabb lehet, ami lehetővé teszi nemcsak az élőerő, hanem a gyengén páncélozott eszközök hatástalanítását is. Az RGT-27S2 vagy RGT-27S2 termobárikus kézigránátban elhelyezett robbanókeverék tömege legfeljebb 310 g lehet, amelyet egy 32 g tömegű detonátor terít szét. A robbanásakor keletkező tűzfelhő mérete 2x2,8 méter. 2023 márciusában az ukrán 59. motorizált dandár katonái bemutatták, hogy egy DJI Mavic 3 drón által hordozott termobárikus RGT-27S2 kézigránáttal hogyan lehet megsemmisíteni egy elhagyott orosz BMP-2 típusú gyalogsági harcjárművet. [12]

#### Amerikai Mk 14 Mod 0 típusú termobárikus kézigránát

Mivel az Amerikai Egyesült Államok fegyveres ereje nem az előleges felhasználója a termobárikus kézigránatoknak, ezért beszállítói oldalról sem nagyon lehettek fel olyan gyártók, amelyek ilyen típusú hatóanyaggal rendelkező fegyvereket gyártanának. Mindazonáltal ez a nagy hatású fegyver felkeltette a különleges erők érdeklődését, és felkérték a Haditengerészet Felső Hadviselési Központ marylandi kutatóbázisát (Naval Surface Warfare Center, Indian Head, Maryland), hogy vizsgálják meg egy termobárikus kézigránát előállításának lehetőségét. Ez lett az Mk 14 Mod 0 ASM (Anti-Structural Munition: építmény elleni fegyver) típusú kézigránát, amelybe mintegy 380 gramm PBXN-109<sup>5</sup> robbanóanyagot töltöttek. A gránát teste vékony alumíniumöntvény, amelybe egy M213 típusú pirotechnikai késleltetésű, csapódó kézigránátgyújtót csavartak. A gyújtót eredetileg az M67 típusú repeszgránáthoz tervezték, ennek felhasználása



7



8

<sup>5</sup> 64%-ban hexogént és 20%-ban alumíniumot tartalmazó polimer (műanyag) kötésű robbanóanyag.

csökkentette a gránátok tervezési idejét. A kézigránát kialakítása sikeresnek bizonyult, hiszen már több éve használják a USSOCOM (United States Special Operations Command: Egyesült Államok Különleges Műveleti Parancsnokság) alakulatainál, és bizonyítottan – amerikai fegyverszállítási csomag részeként – megjelentek Ukrajnában is ezek a gránátok. [14]

#### Amerikai MKE MOD 125 típusú termobárikus kézigránát

Az MKE MOD 125 USA gyártmányú termobárikus kézigránátban az Mk 14 Mod 0 ASM-mel szemben csupán 210 gramm PBXN-113<sup>6</sup> típusú robbanótöltetet helyeztek egy 113 mm magas, 57,5 mm átmérőjű műanyag hengerbe töltve. A gránátot egy MKE MOD 49 típusú gyújtó élesítheti 3,9–5,2 másodperces késleltetést követően. A gránát tömege 800 gramm, ami annak is köszönhető, hogy a műanyag testbe 620 db acélrepszert olvasztottak be, ezzel a termobárikus hatáson túl megnövelt repszeképződéssel is rendelkezik a fegyver. [15]



ver, amelyet az Egyesült Államok hadszíntéren vetett be. A rövid határidőt úgy tudták tartani a fejlesztők, hogy a már meglévő 40 mm-es gránátok alkatelemeit használták fel az új gránát kifejlesztéséhez. Ennek során megtartották a 40 mm-es gránátok M195 típusú hüvelyét a hozzá tartozó 550 típusú gyújtószerkezettel, és kis módosításokkal az M583 típusú gránáttestet használták, amibe az Ensign Bickford vállalat YJ-05 típusú termobárikus keverékét töltötték. Hatásadatairól, műszaki jellemzőiről nem áll rendelkezésre információ.

9. ÁBRA. Amerikai gyártmányú MKE MOD 125 típusú termobárikus kézigránát [15]

10. ÁBRA. A bolgár HG-32T típusú termobárikus kézigránát [16]

11. ÁBRA. Bolgár gyártmányú 40 mm-es RLV-TB típusú termobárikus gránát [17]

#### Bolgár RLV-TB típusú 40 mm-es termobárikus gránát

Az orosz szabvány – hüvely nélküli – gránátvetőkhöz kifejlesztett bolgár gránát egy AF41 típusú gyújtószerkezettel ellátott termobárikus gránátból és egy CP-41 típusú vetőtöltetből áll. A kilőtt termobárikus gránát a csőtorkolat elhagyását követő 10 méter után élesedik, és ha az AF41 gyújtószerkezet aktiválódik, beindítja azt a robbanótöltetet, amely szétteríti a TBC-2 termobárikus robbanóanyag-elegyet. Miután a termobár-üzemanyag kölcsönhatásba lép a levegő oxigénjével, levegő-üzemanyag keverék keletkezik, amelyet egy időzített robbanótöltet – pár pillanat késleltetéssel – detonáltat. A gránátot a 40 mm-es ARSENAL UBGL-1, valamint a GP-25, GP-30 és GP-34 cső alatti gránátvetőhöz tervezték. A termobárikus gránát kezdősebessége 76 m/s, amellyel maximum 400 méteres lőtávolságot lehet elérni, de optimálisan 100 méterre alkalmazzák a fegyvert. A 100 grammnyi TBC-2 típusú töltet tartalmazó gránát teljes tömege 250 g, hossza 134 mm. Az AF41 típusú csapódógyújtónak önmegsemmisítő funkciója is van, amely a kilövéstől számított 14–19 másodpercen belül megsemmisíti a nem élesedett vagy nem detonált gránátot. [17]

10



#### Bolgár HG-32T típusú termobárikus kézigránát

A bolgár hadiipar terméke a HG-32T típusú termobárikus kézigránát, amelynek tömege 460 g, átmérője 60 mm, magassága 116 mm. A 340 grammos termobárkeverék robbanása nyílt terepen 6 méter, zárt térben 12 méter sugarú körön belül halálos. [16]

#### Amerikai XM1060 típusú termobárikus gránát 40 mm-es gránátvetőhöz

A USA 2001-es háborúba lépésével egyből felvetődött annak igénye, hogy az afganisztáni hadszíntérré egy olyan fegyvert fejlesszenek ki, amely képes az ottani infrastruktúra hatásos pusztítására, ezek mellett még a tálibok búvóhelyeül szolgáló barlangokban is kiemelkedő pusztítóhatással bír. A US Army megbízta a fegyverzeti fejlesztésekért felelős központjukat, a Picatinny Arsenal<sup>7</sup> New Jerseyben található kutatóközpontját (US Army Combat Capabilities Development Command Armaments Center – Amerikai Hadsereg Harci Képességfejlesztési Parancsnokság Fegyverzeti Központja), hogy minél rövidebb idő alatt fejlesszenek ki egy, a harcolók igényeinek legjobban megfelelő pusztítóeszközt. Így jött létre a 40 mm-es gránátvetőhöz tervezett XM1060 típusú termobárikus gránátvető lőszer. Az öt hónapnál kevesebb idő alatt kifejlesztett gránát volt a legelső termobárikus elven működő kézigfegy-

11



#### Orosz VGM-93 típusú 43 mm-es termobárikus gránát

Kifejezetten a különleges műveleti feladatokra kifejlesztett GM-94 típusú kézi gránátvetőhöz tervezték a VGM-93 termobárikus gránátot, amelynek különlegessége a töltet rombolóhatásának lekorlátozásában rejlik. A 250 g-os műanyag gránáttestben található 160 g robbanóanyag robbanása csupán egy jól körülhatárolt, 3 m-es körzetben érvényesül. A repszmentes kialakításnak köszönhetően ettől már egy méterre az alkalmazója biztonságban van, ezáltal a gránát kiválóan alkalmazható épületeken belül, kis járulékos károkozás mellett. [18]

#### Jugoszláv UDAR gyalogság elleni akna

A jugoszláv hadiipar prototípusa volt a 80-as évek végén kifejlesztett UDAR elnevezésű gyalogsági és könnyű páncélozott célok elleni termobárikus robbanóanyaggal töltött akna. Az akna két fő részből állt: egy alaptestből és egy

<sup>6</sup> 45%-ban hexogént és 35%-ban alumíniumot tartalmazó polimer(műanyag)kötésű robbanóanyag

<sup>7</sup> Innen kapta a nevét az 1980-as években kifejlesztett, fegyverkiegészítők hordozására tervezett, MIL-STD-1913 sínrendszer.



12. ÁBRA. GM-94 típusú gránátvető és lőszerkészlete; a termobárikus VGM-93 itt is szerepel [18]

kivethető hengeres aknatestből. Az alaptestben a kivetőtöltet és az azt indító gyújtó volt található. Az aknatestben a fenéklemezbe szerelve két, húzásra működő gyújtókészülék, az aknatest palástját felszakító kis méretű robbanótöltet, késleltetett működésű detonátorok, vala-

mint a folyékony termobárikus robbanótöltet foglalt helyet. Az alaptestet és az aknatestben elhelyezett gyújtókészülékeket két huzal köti össze. Amikor az akna indításakor egy kivetőtöltet függőleges irányban kivetíti az aknatestet, a huzalok működésbe hozzák az aknatestben elhelyezett gyújtókészüléket. A robbanástól felszakadó aknatestből kiáramló termobárikus folyadék a levegővel robbanóképes keveréket képez, melyet a detonátorok indítanak be.

Az akna nehezebb változatának tömege 40 kg, amely mintegy 20 kg termobárikus robbanóanyagot tartalmaz. Könnyebb változata 20 kg tömegű, amely 10 kg robbanóanyaggal rendelkezik. Az előbbi akna megsemmisítési sugara 25 m. Az akna egyesével vagy csoportosan telepíthető. A kísérletek tanúsága szerint, ha egy csoportba 500 vagy több aknát telepítenek és azokat egy tűzben, egyszerre indítják, a robbanás hatóereje 1 kT TNT-vel egyenértékű. Az akna robbanásakor képződő detonációs hullám frontján mért nyomás értéke 2 MPa (20 bar), a visszavert hullámnál mérve – kedvező esetben – akár 4 MPa (40 bar) is lehet. Élőerő ellen 40 m távolsáig pusztító hatású. Az aknát a földfelszín alá telepítik, és megfigyelt aknáként alkalmazzák, távirányítással indítják. Az UDAR aknát a prototípus állapotáig fejlesztették ki, sorozatgyártásba sosem kerültek. [19]

(Folytatjuk)

### HIVATKOZÁSOK

- [1] Bundesarchiv, Bild 101I-277-0840-32 / Jacob / CC-BY-SA 3.0) [https://hu.m.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Bundesarchiv\\_Bild\\_101I-277-0840-32,\\_Russland,\\_Nebelwerfer\\_im\\_Schnee.jpg](https://hu.m.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Bundesarchiv_Bild_101I-277-0840-32,_Russland,_Nebelwerfer_im_Schnee.jpg)
- [2] Saw, David: Thermobaric weapons on the battlefield. European Security and Defence. <https://euro-sd.com/2024/06/articles/39038/thermobaric-weapons-on-the-battlefield/> (Letöltve: 2024.02.05.)
- [3] Orr, Christian D.: How Did The Grumman A-6 Intruder Serve In US Combat Missions? <https://simpleflying.com/how-grumman-a-6-intruder-serve-us-combat-missions/> (Letöltve: 2024.02.07.)
- [4] Global Security: BLU-118/B Thermobaric Weapon. <https://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/blu-118.htm> (Letöltve: 2024.02.07.)
- [5] Fact about cluster bombs and thermobaric weapons. <https://byjus.com/current-affairs/cluster-bombs-and-thermobaric-weapons/> (Letöltve: 2024.02.07.)
- [6] От «Буратино» на шаг впереди Российские тяжелые огнемётные системы готовы навести ужас на неприятеля, <https://armystandard.ru/news/20194161152-8qb3j.html> (Letöltve: 2025.02.10.)
- [7] Страшнее ядерного оружия: За что американцы прозвали тяжелую огнемётную систему «Буратино» оружием из фильмов ужасов <https://dzen.ru/a/YmFw-59jgJDCv6-> (Letöltve: 2025.02.10.)
- [8] MOAB strike kills 'at least 92' IS fighters. 2017.04.13. <https://www.dw.com/en/us-drops-largest-non-nuclear-bomb-on-is-target-in-afghanistan/a-38422580>
- [9] Szilvassy László: Légibombák – termobárikus (aeroszol) bomba Repüléstudományi közlemények 2018/3, 7–14. [https://repulestudomany.hu/folyoirat/2018\\_3/2018-3-01-0030-Szilvassy\\_Laszlo.pdf](https://repulestudomany.hu/folyoirat/2018_3/2018-3-01-0030-Szilvassy_Laszlo.pdf) (Letöltve: 2025.02.07.)
- [10] Saunokonoko, Mark: Bali bombings: A plot to inflict as much pain and catastrophe as possible. 2022.10.22. <https://www.9news.com.au/national/bali-bombings-a-timeline-of-how-plot-was-hatched-and-the-attack-on-paddys-pub-and-sari-club/3e4bda2f-6df6-4c45-bc94-d047eaf1e72c> (Letöltve: 2025.02.10.)
- [11] Термобарическая ручная граната РГ-60ТБ. <https://topwar.ru/144599-thermobaricheskaya-ruchnaya-granata-rg-60tb.html> (Letöltve: 2025.02.07.)
- [12] Синицин, Никита: БМП сгорела за секунды: какое новое украинское оружие уничтожает врага, <https://war.telegaf.com.ua/tehnologii/2023-02-22/5780373-bmp-sgorela-za-sekundy-kakoe-novoe-ukrainskoe-oruzhie-unichtozhaet-vraga-video> (Letöltve: 2025.02.07.)
- [13] Kushnikov, Vadim: Defense forces use Ukrainian-made thermobaric grenades. Militaryni, 2023.03.20. <https://mil.in.ua/en/news/defense-forces-use-ukrainian-made-thermobaric-grenades> (Letöltve: 2025.02.07.)
- [14] Campagnuolo, Carl J.: Insensitive Munition Solutions for Anti-Structure Munition Grenade. 56th Annual Fuze Conference, 2009. <https://ndia.dtic.mil/wp-content/uploads/2012/fuze/13616Campagnuolo.pdf> (Letöltve: 2025.02.07.)
- [15] MKE MOD 125 Thermobaric. <https://www.mkeusa.com/en-US/catalogue/hand-grenades/mke-mod-125-thermobaric/61/2315> (Letöltve: 2025.02.07.)
- [16] HG-32T thermobaric hand grenade. <https://vmz.bg/storage/products/e6cc539a-beeb-52d4-8a56-b709041b6708.pdf> (Letöltve: 2025.02.07.)
- [17] 40 mm Round with Thermobaric Grenade RLV-TB. <https://kintex.bg/products/Ammunition%20and%20its%20components/Rounds%20for%20Grenade%20Launcher/4-269> (Letöltve: 2025.02.07.)
- [18] Гук, Руслан: Гранатомёт Грязева. <https://weaponland.ru/publ/granatomjot-grjazeva/8-1-0-2402> (Letöltve: 2025.02.07.)
- [19] Haralyi László: Az „UDAR” folyékony töltetű gyalogság elleni akna. Műszaki Katonai Közlöny. 1995. 1–2. 40–41.
- [20] A kép forrása: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=582809> (Letöltve: 2025.10.07.)
- [21] A kép forrása: Vitalij V. Kuzmin, CC BY-SA 4.0; 60-mm hand grenades, Wikimedia Commons (Letöltve: 2025.10.07.)

KISS ROLAND\*

# AZ A2/AD HADVISELÉS AZ OROSZ-UKRÁN HÁBORÚBAN

## TERÜLETTAGADÁS A SZÁRAZFÖLDÖN II.

**A**z előző részben áttekintettük az orosz és ukrán tűzvédelem területtagadásban betöltött szerepét és eljárásait. Ezúttal a harcászati drónokról és cirkáló löszerekről lesz szó (ebből adódóan a stratégiai légitámadásokban, tengerészeti vagy különleges műveletekben használt eszközök nem képezik e cikk témáját).

### AZ UKRÁN RENDSZER

#### A DRÓNOK MEGJELENÉSE AZ UKRÁN FEGYVERES ERŐKNÉL

Az ukrán haderő 2016-ban kezdte el nagyobb számban használni a polgári forgalomban kapható drónokat. Eleinte még csak felderítésre, később már a tűzvédelem belövésére is ezeket alkalmazták, elsősorban azért, hogy a meglévő képességi hiányokat orvosolják, és mivel relatíve olcsó és könnyen hozzáférhető megoldást jelentettek. A háború 2022-es kitörését követően már az első napoktól intenzi-

ven használták a drónokat, többek között a tűzvédelem figyelésére és pontosítására, majd ezt követően jelentősen kibővült a drónok alkalmazása.

Fontos kiemelni azt, hogy számottevő, polgári személyekből álló önkéntes drónalakulat segítette és támogatta a hadsereg műveleteit. 2022 augusztusában alakult meg a „Magyar’s Birds” nevű drónraj (a későbbiekben a sikerek hatására jelentősen bővült, ma már dandárszintű szervezet), amely parancsnoka, Robert Brovdi hívójelle („Magyar”<sup>1</sup>) után kapta a nevét. Ez a csoport abban tűnt ki, hogy újszerű, innovatív megoldásokkal használta a drónokat. Többek között kidolgozták, hogyan alkalmazzák támadásra az addig leginkább felderítésre bevetett eszközöket. [1] Rövid úton megjelentek a „bombázó” (kézigránátot, aknavetőgránátot vagy erre a célra készített robbanószeret dobó) és öngyilkos drónok, amelyeket az RPG-gránáttól a feladatra gyártott töltetig bármivel felszerelhettek. Ezek között voltak helyileg átalakított polgári eszközök, de rövidesen már központilag alakították át, illetve gyártották őket. Ezek közül kiemelkednek a kínai DJI hobbi célra gyártott polgári forgalomban elérhető quadrokopterjei (pl. Mavic), továbbá használják

\*PhD, MH  
Transzformációs  
Parancsnokság,  
Kiképzési Igazgatóság,  
ORCID:  
0000-0002-5979-3098

1. ÁBRA. A kis méretű quadrokopterek az orosz-ukrán háború egyik leghatékonyabb és legsokoldalúbb eszközeinek bizonyultak [22]

<sup>1</sup> Ungvári illetőségű, a kijevi rezsim iránt elkötelezett és Magyarországgal nyíltan ellenséges ukrán állampolgár. A Magyarország köznevelését biztosító Barátság köznevelési elleni támadásokban való részvétele miatt 2025-ben kitiltották Magyarországról és a schengeni övezetből. (A szerző)

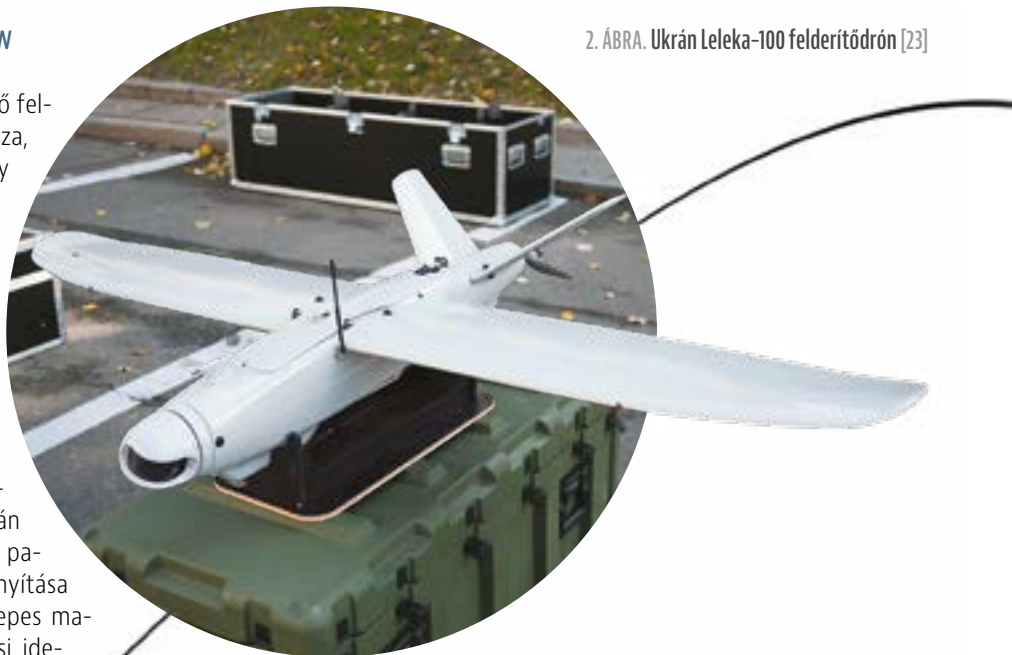
a nagyobb méretű és teherbírású, eredetileg mezőgazdasági célokra gyártott drónokat is (agrodronok). Az FPV<sup>2</sup>-drónok főleg felderítő-csapásmérő bevetéseket repülnek, az agrodronok pedig bombázó, rádióátjászó vagy szállító feladatokat látnak el. Emellett merev szárnyú felderítő és bombázódrónokat is használnak nagyobb mélységű felderítésre, csapásmérésre és célmegjelölésre. Használták a közepes méretű Bayraktar TB2 és különböző kis méretű nyugati katonai drónokat, de ezek korlátozott elérhetősége és ebből adódóan korlátozott használata miatt bővebben nem foglalkozok velük. A Bayraktarok, átmeneti sikereik után, nagyrészt a csapatlégvédelem áldozatául estek az első hetekben, azóta legfeljebb saját terület felett vagy tengerészeti műveletekre használják a megmaradt gépparkot.

jú (Medium Altitude Long Endurance – MALE), 600 kg-nál nehezebb eszközök tartoznak, mint a TB2, amelyek hadművelleti-hadászati mélységben végeznek felderítést, csapásmérést (napjainkban ez nem jellemző, inkább a háború első heteiben volt az, a stratégiai dróntámadásokkal pedig jelen írás nem foglalkozik). Az önálló századok és osztályok műveleti és hadtestparancsnokságok alárendeltségében állnak, ezek 150–600 kg közötti drónok, amelyek harcászati-hadművelleti mélységben látnak el hasonló feladatokat. Míg a szakaszok, századok és osztályok a dandárok szervezetébe vannak integrálva és harcászati szintű feladatokat látnak el, a mini UAV-k (Unmanned Air Vehicle – személyzet nélküli légi jármű) zászlóalj- és dandár-, míg a mikro-UAV-k század- és az alatti szintű alegységek tá-

**DRÓNALKALMAZÁS AZ UKRÁN HADSEREGBEN**

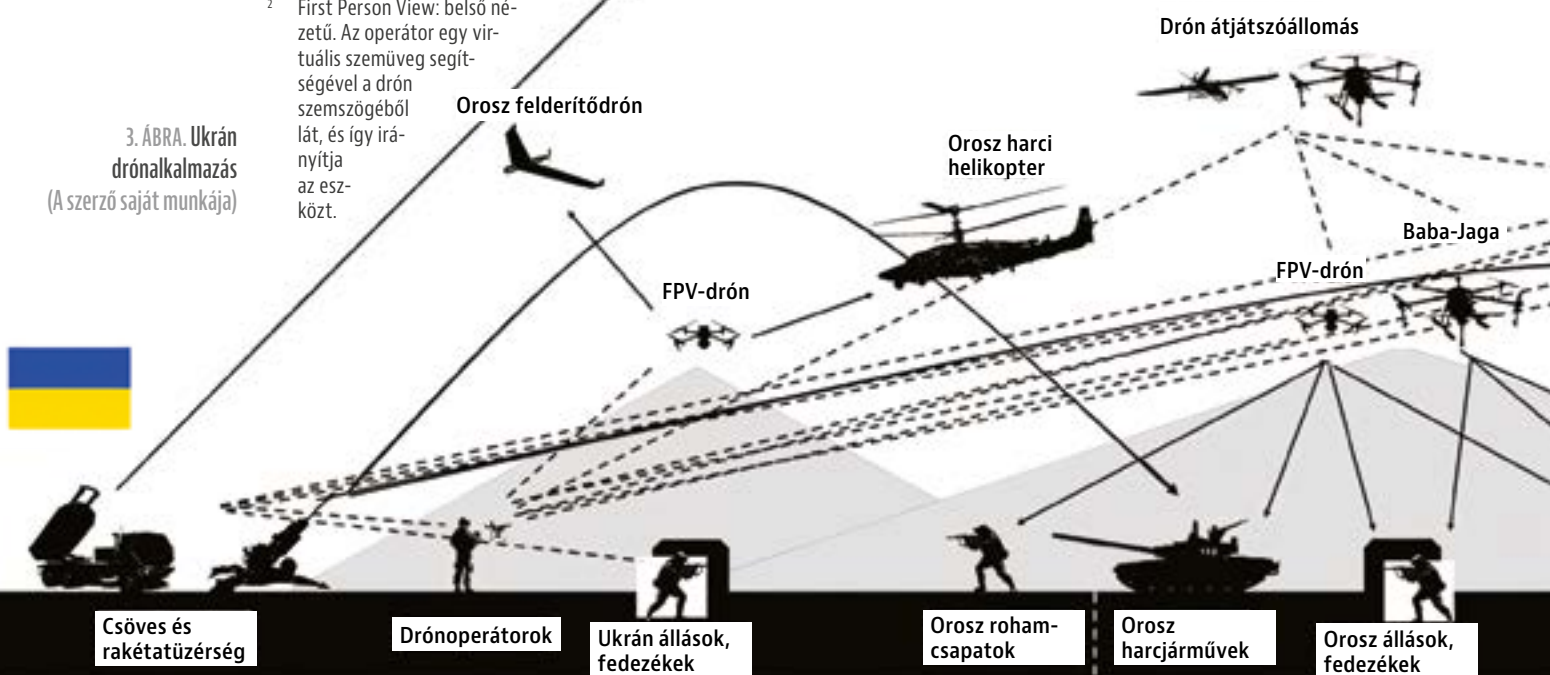
A drónokat az ukrán haderő feladatok szerint osztályozza, eszerint lehetnek egy- vagy többfeladatúak. A feladatok közé tartoznak többek között a felderítő, vezetés-irányítást támogató, tüzerfelderítő, csapásmérő, elfogó, elektronikai hadviselési, rádióátjászó, aknatelepítő és logisztikai jellegűek. Szervezetileg a drónezredek és -dandárok az ukrán vezérkar és a haderőnemi parancsnokok közvetlen irányítása alá tartoznak, ezekbe közepes magasságú és hosszú repülési ide-

2. ÁBRA. Ukrán Leleka-100 felderítődrón [23]



<sup>2</sup> First Person View: belső nézetű. Az operátor egy virtuális szemüveg segítségével a drón szemszögéből lát, és így irányítja az eszközt.

3. ÁBRA. Ukrán drónalkalmazás (A szerző saját munkája)



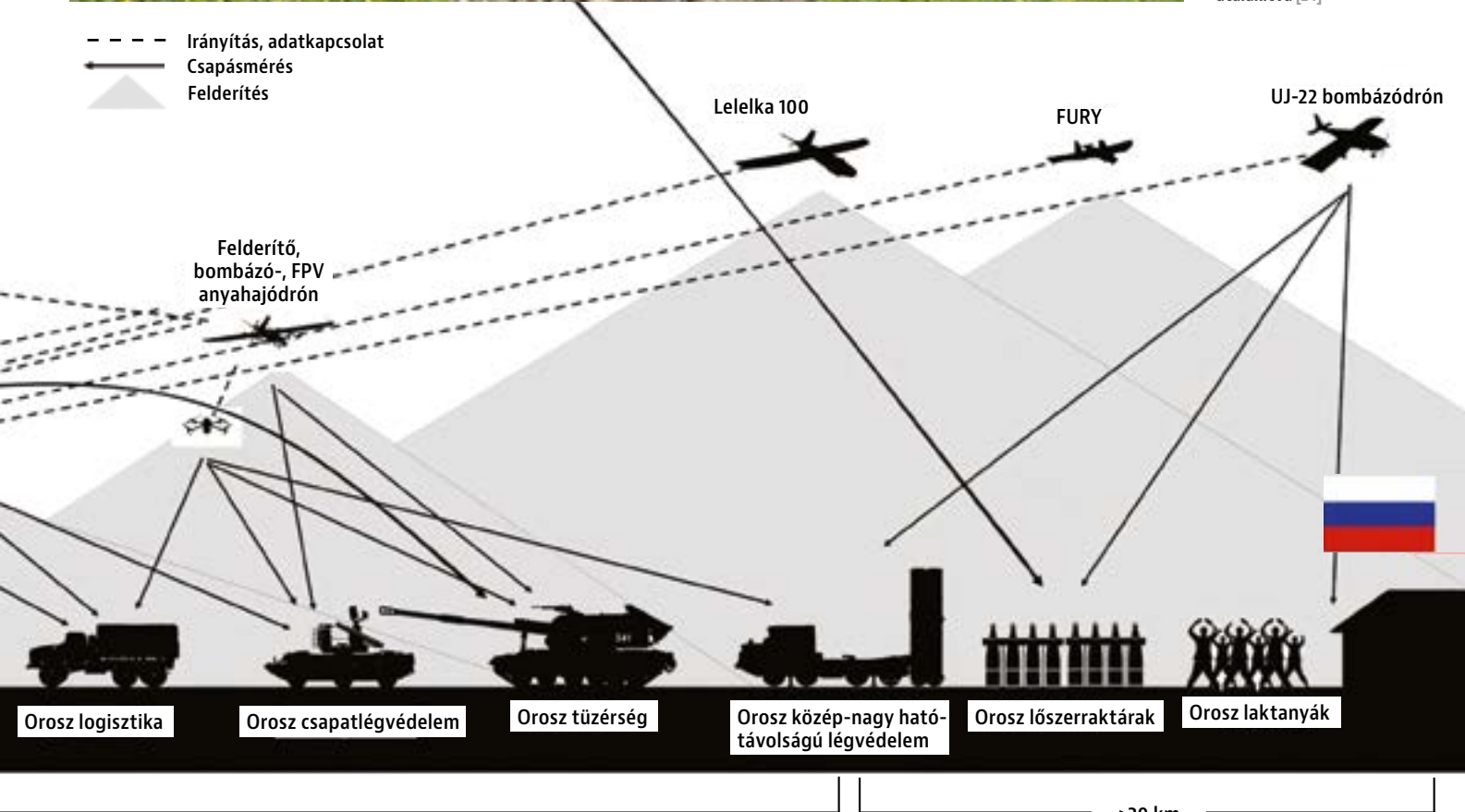
mogatását végzik, és a felsorolt feladatok teljes spektruma a tevékenységeik közé tartozik. [2]

Az ukrán dandárok szervezetében vannak külön drónalegységek is, azonban ezek nem egységesek, mivel sokszor különböző önkéntes formációkból alakultak. Általánosságban viszont elmondható, hogy egy drón-osztálynyi/zászlóaljnyi erő minden dandárban van, vegyes alegységként, vagy külön felderítő és támadó drónszázadok találhatóak a szervezetben. Ezen kívül némely zászlóaljnak is van saját drónalegysége, de a drónokat minden szinten integrálták valamilyen formában. Az ukrán harcoló dandá-

rok saját drónalegységei 40-70 km szélességben végeznek műveleteket, FPV-, valamint merev és forgósárnyas bombázódrónokkal. Ezek bevetéseit a zászlóalj- és dandártörzsek irányítják. Az alegységek jellemzően forgósárnyas FPV- és agrodrónokat használnak, amelyek az alegység műveleteit támogatják. Megdöbbentő statisztika, hogy bár az ukrán FPV-drónok 60-80%-a nem ér célba, még így is az orosz élőerő és technikai veszteségek 60-70%-áért felelnek. [3] Az ukránok 2025-ben ezért már azt a harcjelzést alkalmazták, hogy huzalvezérelt drónnal először kiütik az orosz elektronikai zavaróeszközt, amely ablakot nyit



4. ÁBRA. Ukrán agrodrón (Baba-Jaga) bombázófeladatra átalakítva [24]



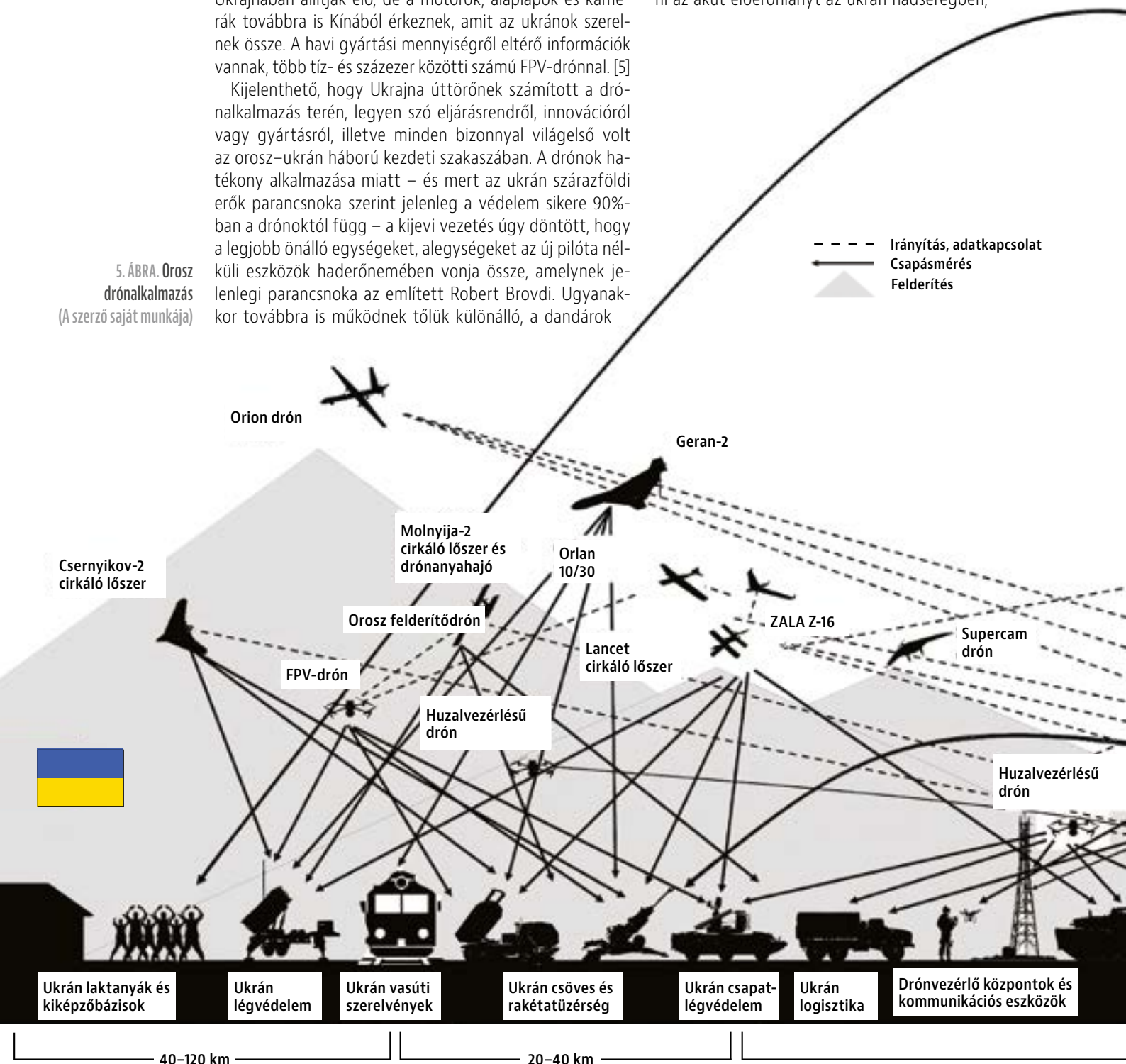
>20 km

a hagyományos rádióvezérlésű FPV-k alkalmazásának, amíg helyre nem áll a zavarás. [4] A drónok bevetése összefegyvernemi együttműködésben a leghatékonyabb, például a tűzérséggel való együttműködésben. Azonban a tűzérségi gránátok hiánya miatt az ukránok részben a drónokkal váltották ki a tűzérséget, amelyek könnyebben elérhető/gyárthatók, akár saját maguk által is, illetve precízebb csapásokra képesek. Viszont figyelembe véve a tüzerőt vagy lefogóképességet, a tűzérséget nem tudják pótolni. Ukrajna azért is kezdett saját dróngyártásba, mivel DJI Mavic-hoz hasonló eszközök egyszerűen túl drágák voltak a kamikaze bevetésekhez, míg a saját gyártású FPV-ket 300-700 USA-dollárból ki tudják hozni. A testet 3D-s nyomtatással Ukrajnában állítják elő, de a motorok, alaplapok és kamerák továbbra is Kínából érkeznek, amit az ukránok szerelnek össze. A havi gyártási mennyiségről eltérő információk vannak, több tíz- és százezer közötti számú FPV-drónnal. [5]

Kijelenthető, hogy Ukrajna úttörőnek számított a drónalkalmazás terén, legyen szó eljárásrendről, innovációról vagy gyártásról, illetve minden bizonnyal világelső volt az orosz-ukrán háború kezdeti szakaszában. A drónok hatékony alkalmazása miatt – és mert az ukrán szárazföldi erők parancsnoka szerint jelenleg a védelem sikere 90%-ban a drónoktól függ – a kijevi vezetés úgy döntött, hogy a legjobb önálló egységeket, alegységeket az új pilóta nélküli eszközök haderőnemében vonja össze, amelyek jelenlegi parancsnoka az említett Robert Brovdi. Ugyanakkor továbbra is működnek tőlük különálló, a dandárok

szervezeti elemeként működő drónalakulatok. Brovdiétől származik a „drónvonal” elképzelés, amely tulajdonképpen egy aktív területtagadást foglal magába egy 10-15 km széles sávban. Ennek célja, hogy az ellenségnek olyan nagy veszteségeket okozzanak ezen sávban az ukrán állások eléréséig, hogy ott ne legyenek képesek eredményes támadások végrehajtására. A projektben összefogják a Magyar's Birds dróndandárt, a Rarog, a K-2, a Phoenix és az Achilles drónezredeket, amelyeket a legmodernebb technológiával látnának el, és az általuk alkalmazott sikeres eljárásokat a front egészére kiterjesztenék. [6] A front meghatározott szakaszait a fenti egységek védnek, megerősítve a gyalogságot. Ezekkel az erőkkel akarják pótolni az akut élőerőhiányt az ukrán hadseregben,

5. ÁBRA. Orosz drónalkalmazás (A szerző saját munkája)



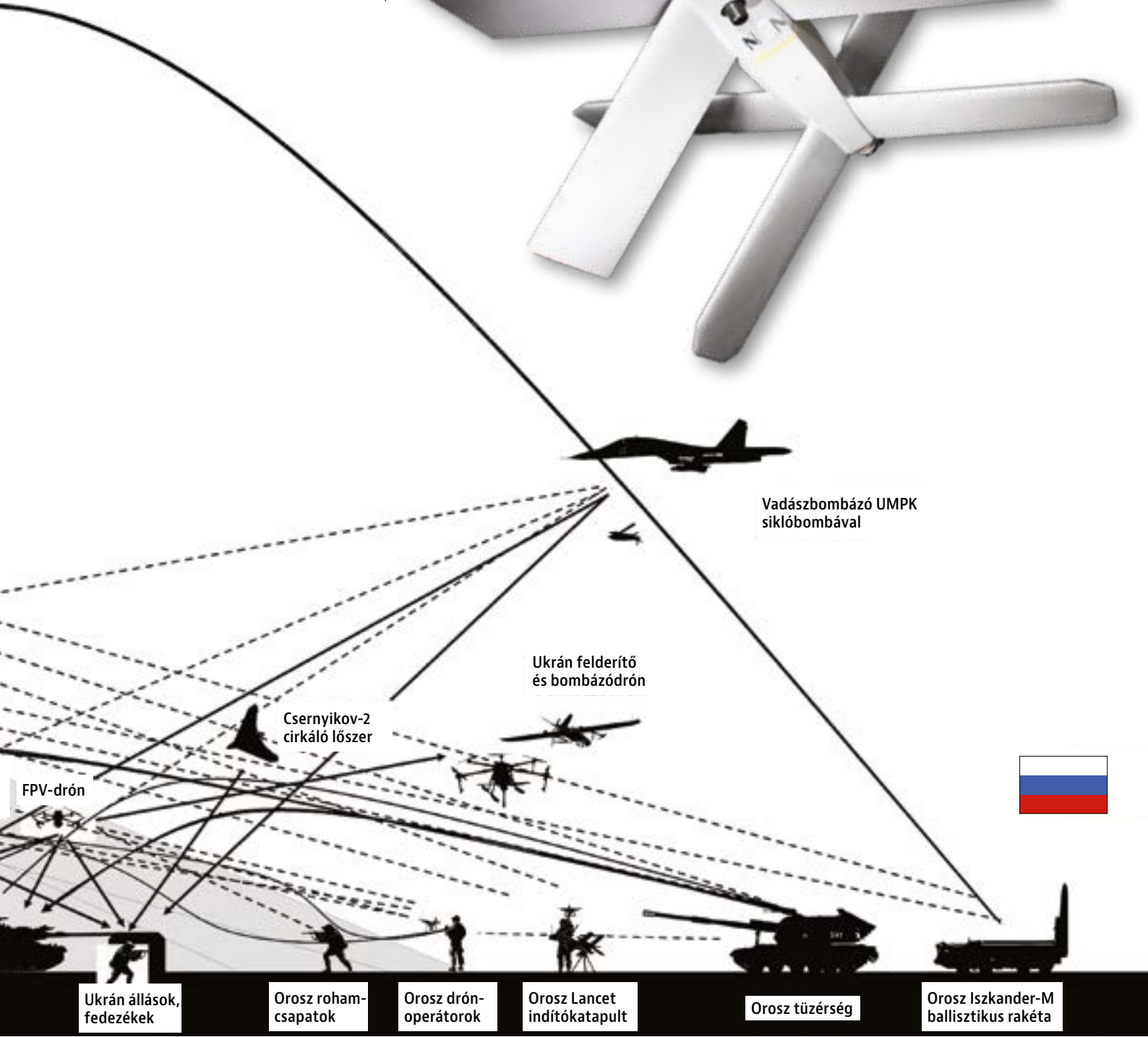
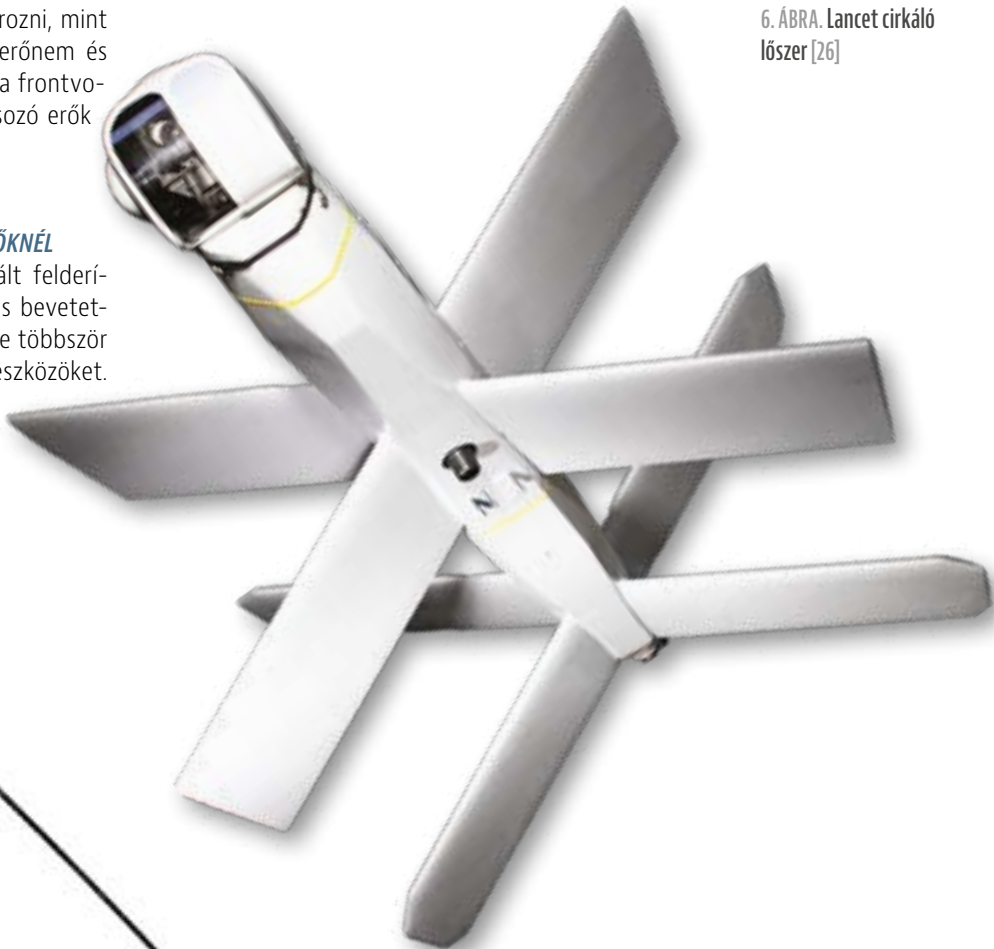
mivel drónkezelőt még mindig könnyebb toborozni, mint lövészkatonát. [7] Ezért napjainkra a drónhaderőnem és a többi drónos alegység kritikus fontosságúak a frontvonal védelmében, tekintve, hogy az ott állomásozó erők kb. 15%-a ma már drónoperátorokból áll.

**AZ OROSZ RENDSZER**

**A DRÓNOK MEGJELENÉSE AZ OROSZ FEGYVERES ERŐKNÉL**

Oroszország először a grúz háborúban használt felderítődrónokat 2008-ban, majd később Szíriában is bevetették őket, illetve a hadgyakorlatok során is egyre többször és intenzívebben alkalmazták a pilótánélküli eszközöket. Az orosz–ukrán háború előtt már megkezdtek az orosz erők felszerelését UAV-okkal;

6. ÁBRA. Lancet cirkáló lőszer [26]



Vadászbombázó UMPK siklóbombával

Ukrán felderítő és bombázódrón

Csernyikov-2 cirkáló lőszer

FPV-drón

Ukrán állások, fedezékek

Orosz rohamcsapatok

Orosz drónoperátorok

Orosz Lancet indítókatapult

Orosz tüzérség

Orosz Iszkander-M ballisztikus rakéta

0–20 km



7. ÁBRA. Orlan-10 felderítő UAV indítása katapulttal [25]

a dandárok szervezetében általában egy pilóta nélküli eszközkel felszerelt század volt, ezek egyik szakasza a harcászati-hadműveleti mélységben dolgozó Orlan-10, míg a másik Granat-1/2/3 és Eleron harcászati felderítő drónokkal volt felszerelve. Az Orlant felderítésre és lézeres célmegjelölésre is alkalmazták, illetve kisebb számban a közepes méretű (MALE) Oriont is rendszeresítették. 2014-től a kelet-ukrajnai lázadók támogatása során az Orlant használták tűzfelderítésre, valamint bevetették az Eleron-3 eszközt is, illetve a felkelők is alkalmaztak kisebb polgári célú eszközöket felderítésre. 2015-ben megtörtént az első bombavetés is drónról, illetve kínai gyártású drónokat is átalakítottak gránátok dobására. [8] Emellett kifejlesztették a később sikeres Lancet cirkáló löszert is, azonban a Sojgu-érában<sup>3</sup> a drágább fejlesztéseket törölték, így a drónok és a precíziós löszerek is nagyrészt ennek estek áldozatul, ezért a lemaradást a háború alatt kellett behozni.

Az Orlan-10-esek és -30-asok a háború kitörése után is fontos szerepet játszottak a felderítő, tűz- és csapásmérő komplexumokban, fontos célinformációkkal látva el a tűzértséget. A leküzdésük pedig nehézséget jelentett az ukránoknak, mivel nagyobb repülési magasságuk miatt kevésbé voltak érzékenyek az elektronikai hadviseléssel szemben, a légvédelmi rendszerek többsége pedig nem igazán volt alkalmas a kisméretű eszközök lelövésére. 2023-ra az ukrán csapatlégvédelem kritikusan meggyengült, és az oroszok szinte zavartalanul hajtottak végre felderítést akár 50-100 km mélységig. A felderített célpontokra aztán a tűzértség rövid időn belül képes volt tűzcsapást mérni, a lézervezérlésű gránátoknak (pl. Krasznopol) pedig ezek a drónok biztosították lézeres célmegjelölést. [9]

A háború egyik igazi sikerfegyverének bizonyult a Lancet rendszer is, amelyet orosz részről 2020-ban rendszeresítették, azonban Ukrajnában széleskörű használatra csak 2023-tól került sor (először 2022-ben vetették be). [11] Habár a Lancet megnevezés a ZALA cirkáló löszerekre használatos (és a továbbiakban is így hivatkozom), valójában egy rendszernek a megnevezése, amely tartalmazza a Z-16 felderítődrónt, amely a célmegjelölést végzi a cirkáló löszereknek, illetve az Izgyelije 51 (5 kg robbanófej, 50 km hatótáv), Izgyelije 52 (3 kg robbanófej, 30 km hatótáv) és Izgyelije 53 (75 km hatótáv) cirkáló löszereket. Felszerelték őket HD és hőkamerával is, így éjszaka is képesek a célfel-

derítésre, továbbá mesterséges intelligencia segíti a felderítést és célkiválasztást. A Lancet 2022. július és 2025. február között több mint ezer darab csöves tűzértségi eszközt, 60 rakéta-sorozatvetőt, 353 harckocsit, 242 páncélozott szállítójárművet, 111 légvédelmi eszközt, továbbá 147 radarrendszert tett harcképtelenné. [12] Az ukránok szerint a Lancetek jelentős szerepet játszottak a 2024. augusztusi kurszki offenzíva megállításában az FPV csapásmérő drónok és a repülőerők mellett. Anélkül sikerült feltartóztatni az ukrán előrenyomulást, hogy számottevő erő átcsoportosítására lett volna szükség a Donbaszból, holott az ukrán műveletnek épp az erők elvonása volt az egyik fő célja. [13]

A jelentősebb lemaradás a kisméretű drónok terén volt tapasztalható, ilyenekkel az orosz csapatok alegység-szinten kezdetben nem rendelkeztek. Nyilvános források szerint orosz részről elsőként valószínűleg a Wagner katonai magánvállalat használta nagyobb mennyiségben az FPV-drónokat, elsősorban felderítésre és a csapatok irányítására. Az ukránok sikere után az oroszok lemásolták a modellt, és a kereskedelmi forgalomban kapható (nagy részét DJI) hobbi drónokat 2022 végétől tömegesen kezdték el használni. Ezeket eleinte felderítésre és tűzértségi belövésre, majd robbanóanyaggal felszerelve cirkáló löszerként alkalmazták. Az orosz hadseregben, bár az FPV-drónokat legtöbbször csapásmérésre használják, a legfontosabb feladatuk továbbra is a tűzfelderítés, ebből adódóan beillesztették őket a felderítés-tűz és felderítés-csapás ciklusokba. [14] Emellett nagyobb társaikat távknásításra is bevetették, személy elleni és harckocsiaknakat is telepítettek velük az ukrán vonalak mögött.

### DRÓNALKALMAZÁS AZ OROSZ HADSEREGBEN

Az orosz rendszerben a drónos alegységek ezzel megszaporodtak, gyakorlatilag az összes alakulat megalakította a sajátját, többnyire kereskedelmi forgalomban kapható eszközökkel. Jelenleg századszinten is rendelkeznek legalább egy drónos rajjal, de jellemzően a lövészrajokban is van legalább egy drónkezelő. Ezek az alegységek alapvetően felderítő, kamikaze és bombavető FPV-drónokat használnak. Zászlóaljszinten is van saját drónalegység, a gépesített lövészeredekben és dandárokban pedig van legalább egy felderítő/csapásmérő drónszázad. Emellett a tűzértség, a műszakiak és más fegyvernemek és szakcsapatok is rendelkeznek saját, szervezetszerű drónalegységekkel. [8; 9.]

Emellett önálló drónzászlóaljak is létrejöttek; ezek a szervezetek gyakran olyan önkéntesekből állnak, akik a polgári életben szerzett tapasztalatukat állították a nemzet szolgálatába. [9; 43–46.] 2025-re felállt az első drónezred négy osztállyal, ebből egy felderítő (Orlan-30, Eleron-3, Supercam, Kvazimachta) és három felderítő-csapásmérő osztály (Lancet, Geran-2, Kub), a teljes személyi állománya 1342 fő. [15] Szintén 2025-ben fegyvernemi szintre emelték a drón-csapatokat, amelyeket az összefegyvernemi kötelékekbe integráltak. [16] 2026 januárjára ukrán becslések szerint már 80 ezer fő tartozott az orosz drón-csapatokhoz, köztük három ezred, egy dandár és a Rubikon központ.

<sup>3</sup> Szergej Kuzsugetovics Sojgu: 2012. november és 2024. május között orosz védelmi miniszter.

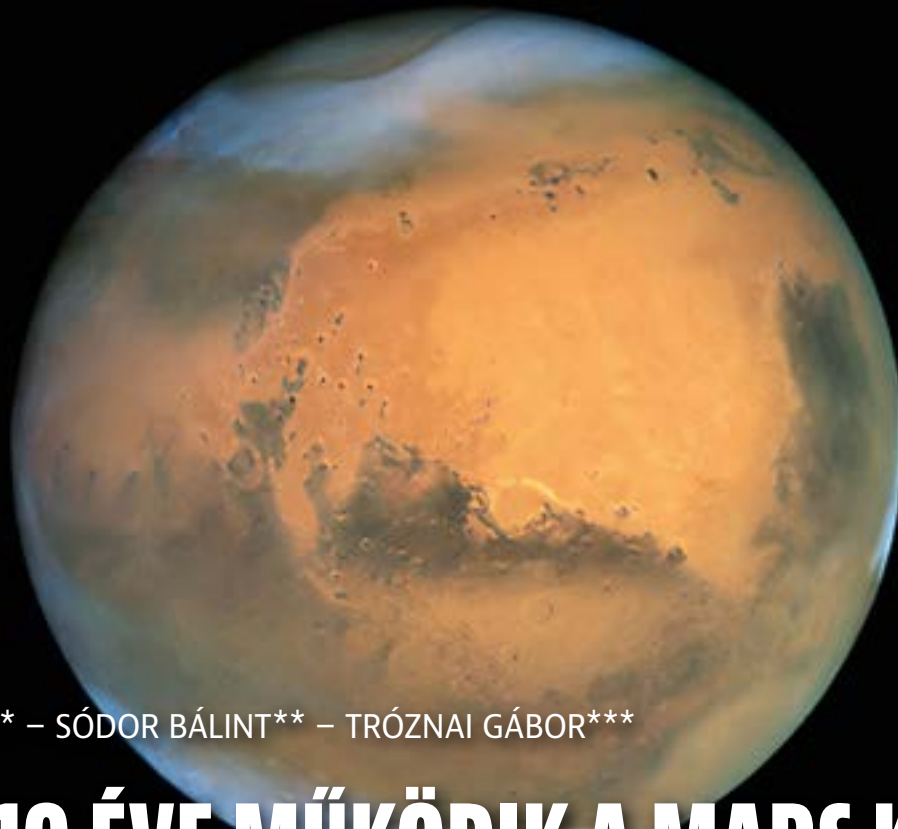
Jellemzően az Orlanok nagyobb, akár 120 km-es ukrán mélységbe berrepülve felelnek a fontosabb célok felderítéséért, például az időérzékeny célok ellen, mint amilyenek a légvédelmi komplexumok és más nagy értékű fegyverrendszerek (pl. Patriot, HIMARS). Más fontos, de nagy kiterjedésű és nagy távolságra fekvő célok, mint a kiképzőbázisok, laktanyák, tábori repterek ellen Iszkander-M ballisztikusrakétát indíthatnak, pontcélok ellen Lancet cirkáló löszert. A ZALA és a Supercam drónok közvetlenül a frontvonal mögötti területeken végeznek felderítést a csapatmozgások, felszerelések és járművek felfedezésére, amelyekre FPV-drónok, Lancetek vagy a tüzéség mér csapatát. [17] Az oroszok célja, hogy létrehozzanak egy sávot a frontvonal mentén az ukrán mélységben, amelyen belül képesek a csapatmozgások megakadályozására a drónok és tüzéség kombinált alkalmazásával. A statikus és megerősített célokat a légi csapásaival pusztítják el, ezzel biztosítva manőverlehetőséget a szárazföldi csapatoknak. A drónok ennek érdekében felderítő, bombavető, kamikaze és aknásító feladatokat végeznek, de gyakran alkalmazzák őket lesállásokra vagy improvizált robbanószerkezetként az utak mentén. Ezek közül kétségkívül a leglátványosabbak és leginkább ismertek az FPV-drónok kamikaze bevetései. 2024 tavaszán átlag napi 250 FPV-drónt indítottak az oroszok, ez 2025 őszére 1000-1200 db-ra nőtt. A korábban 5-10 km-es „kill zone” („halálzóna”) pedig 30-40 km-re nőtt, amelyen belül mindenféle mozgás életveszélyessé vált. [18]

A jelentős felhasználás következtében az oroszok is megkezdtek a saját gyártást, mivel nagy mennyiségben van szükség olcsón előállítható, kifejezetten az adott célra tervezett és felszerelt eszközökre. A nagyobb ipari háttér miatt Oroszország ebben előnyt élvez Ukrajnával szemben. 2023 közepére már 70 gyártó – köztük 20 nagy cég – gyártott havi több tízezer darab FPV-drónt. A DJI Mavic, a Matrix és a Matrice mellett megjelentek a saját gyártású Hortenzia, VT-40, Piranha és Upyr felderítő, gránátdobó és kamikaze FPV-drónok is. Az Orlanból évi 1000 db-ot gyártanak, huszonször többet, mint 2021-ben. [8; 15, 19–21.] Oroszország 2023-ra a Lancet cirkáló löszerek gyártását az ötvenszeresére(!) emelte az előző évhez képest. [19] Emellett az innovációban is átvették a vezetést, amire jó példa a huzalvezérlésű drónok bevetése, amelyek a rádióirányítású FPV-drónoknál nagyobb hatótávolságban és zavarvédelemben képesek műveletek végrehajtására akár 20-25 km vagy az újabbakkal 40-50 km mélységben is. Ennek lényege, hogy a drón irányítása egy nagyon vékony optikai kábelen keresztül történik, amely a drónon elhelyezett kábeldobból tekeredik le folyamatosan, ezáltal az elektronikai zavarásra nem érzékeny, stabil adatkapcsolatot és jóval nagyobb találati valószínűséget biztosít. [20] 2024-ben a védelmi miniszter parancsára létrehozták a Fejlett Személyzetnélküli Eszközök Központ – Rubikon csoportot, amelynek feladata a kezelői állomány kiképzése, valamint a fejlesztés és a harceljárások kidolgozása. [21] ■

(Folytatjuk)

## HIVATKOZÁSOK

- [1] Oleksandra Molloy: Drones in Modern Warfare: Lessons Learnt from the War in Ukraine. Australian Army Research Centre, 2024. <https://doi.org/10.61451/267513> 10–13.
- [2] Доктрина “Застосування безпілотних систем у силах оборони України”. Україн Фегyveres Erők Vezérkara, Kijev, 2023, 17–23.
- [3] Watling, Jack – Reynolds, Nick: Tactical Developments During the Third Year of the Russo–Ukrainian War. Royal United Services Institute, London, 2025, 10–11.
- [4] Dan Sabbagh: They cannot be jammed, fibre optic drones pose a new threat in Ukraine. [theguardian.com](https://www.theguardian.com) 2025.04.23. <https://www.theguardian.com/world/2025/apr/23/they-cannot-be-jammed-fibre-optic-drones-pose-new-threat-in-ukraine> (Letöltve: 2025. 11. 28.)
- [5] FPV Drone Ukraine: Use and Types. 2025.04.08. [https://dignitas.fund/blog/fpv-drone-ukraine/#elementor-toc\\_\\_heading-anchor-2](https://dignitas.fund/blog/fpv-drone-ukraine/#elementor-toc__heading-anchor-2) (Letöltve: 2025. 10. 18.)
- [6] Vadim Kushnikov: Ukraine Launches ‘Drone Line’ Doctrine to Strengthen Frontline Defense. [militaryny.com](https://www.militaryny.com) 2025.03.03. <https://www.militaryny.com/en/news/ukraine-launches-drone-line-doctrine-to-strengthen-frontline-defense/> (Letöltve: 2025. 07. 21.)
- [7] Hodarenok, Mihail: «Удержат фронт». Зачем на Украине создают «Линию дронов». 2025.05.06. <https://doi.org/10.55552/IJIM.2025.6502> (Letöltve: 2025.09.09.)
- [8] Chorgonov, Iaroslav et al.: Russian Unmanned Systems: Current state, prospects of production and application. Foreign Policy Council, 2024, 7–8.
- [9] Kofman, Michael: Assessing Russian Military Adaptation in 2023. Carnegie Endowment for International Peace, Washington DC, 2024, 40–42, 46.
- [10] Parfonov, Hlib: Ukraine’s Slow-Moving Counteroffensive: Russian Defense Continues to Adapt (Part Four). [jamestown.org](https://www.jamestown.org) 2023.09.26. <https://www.jamestown.org/program/ukraines-slow-moving-counteroffensive-russian-defense-continues-to-adapt-part-four/> (Letöltve: 2025.03.16.)
- [11] Novichkov, Nikolay: IDEX 2025 – Zala Aero showcases improved Lancet loitering munitions. 2025.02.21. [edrmagazine.eu/index-2025-zala-aero-showcases-improved-lancet-loitering-munitions](https://www.edrmagazine.eu/index-2025-zala-aero-showcases-improved-lancet-loitering-munitions) (Letöltve: 2025.07.10.)
- [12] Why the Lancet barrage munition is considered one of the most effective weapons of defeat. [ruavia.su](https://www.ruavia.su) 2024.08.27. <https://www.ruavia.su/why-the-lancet-barrage-munition-is-considered-one-of-the-most-effective-weapons-of-defeat/> (Letöltve: 2025.07.10.)
- [13] Эксплуатация и применение беспилотных летательных аппаратов (FPV-дронов). Лégiерő Ny.Je. Zsukovszkijról és J.A. Gagarinról elnevezett Katonai Oktatási és Tudományos Központja. Voronyezs. 2023, 146–148.
- [14] Shumlianskyi, Dmytro: Russians Completes Formation of First UAV regiment, Presents it at May 9 Parade [militaryny.com](https://www.militaryny.com) 2025.05.11. <https://www.militaryny.com/en/news/russians-completes-formation-of-first-uav-regiment-presents-it-at-may-9-parade/> (Letöltve: 2025.06.05.)
- [15] Charles Bartles: The Evolution of Russian Unmanned Vehicle Doctrine in Ukraine. [oe.tradoc.army.mil](https://www.oe.tradoc.army.mil) 2025.04.17. <https://www.oe.tradoc.army.mil/product/the-evolution-of-russian-unmanned-vehicle-doctrine-in-ukraine/> (Letöltve: 2025.06.05.)
- [16] Kateryna Stepanenko: Russian Drone Innovations are Likely Achieving Effects of Battlefield Air Interdiction in Ukraine. [understandingwar.org](https://www.understandingwar.org) 2025.08.07. <https://www.understandingwar.org/research/russia-ukraine-russian-drone-innovations-are-likely-achieving-effects-of-battlefield-air-interdiction-in-ukraine/> (Letöltve: 2025.10.13.)
- [17] Stanislav Storozhenko: Russian Low-Cost Drones Are Changing the Face of Its War in Ukraine. [themoscowtimes.com](https://www.themoscowtimes.com) 2025.10.10. <https://www.themoscowtimes.com/2025/10/10/russian-low-cost-drones-are-changing-the-face-of-its-war-in-ukraine-a90779> (Letöltve: 2025.10.13.)
- [18] Parfonov, Hlib: Ukraine’s Slow-Moving Counteroffensive: Russian Defense Continues to Adapt (Part Four). [jamestown.org](https://www.jamestown.org) 2023.09.26. <https://www.jamestown.org/program/ukraines-slow-moving-counteroffensive-russian-defense-continues-to-adapt-part-four/> (Letöltve: 2025.03.16.)
- [19] David Kirichenko: Fibre-optic drones reshape Ukraine’s technological war. [lowyinstitute.org](https://www.lowyinstitute.org) 2025.08.06. <https://www.lowyinstitute.org/the-interpreter/fibre-optic-drones-reshape-ukraine-s-technological-war#:~:text=Drones%20typically%20have%20a%20range,reach%20up%20to%2032%20kilometres.> (Letöltve: 2025.11.27.)
- [20] Howard Altman: Russia Creates New Military Branch Dedicated To Drone Warfare. [twz.com](https://www.twz.com) 2025.11.13. <https://www.twz.com/news-features/russia-creates-new-military-branch-dedicated-to-drone-warfare> (Letöltve: 2025.11.27.)
- [21] A kép forrása: <https://theowp.org/wp-content/uploads/2025/02/2068c2e1-ukraine-drone-strikes-ap.webp> (Letöltve: 2025.11.27.)
- [22] A kép forrása: CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons [https://en.wikipedia.org/wiki/DeViRo\\_Leleka-100](https://en.wikipedia.org/wiki/DeViRo_Leleka-100) (Letöltve: 2025.11.27.)
- [23] A kép forrása: [https://militaryny.com/wp-content/uploads/2025/01/photo\\_2023-09-25\\_21-07-47.jpg](https://militaryny.com/wp-content/uploads/2025/01/photo_2023-09-25_21-07-47.jpg) (Letöltve: 2025.11.27.)
- [24] A kép forrása: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/de/SlavicBrotherhood2018-13.jpg> (Letöltve: 2025.11.27.)
- [25] A kép forrása: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Army-2020-315.JPG> (Letöltve: 2025.11.27.)



SZALAI SÁNDOR\* – SÓDOR BÁLINT\*\* – TRÓZNAI GÁBOR\*\*\*

# KÖZEL 10 ÉVE MŰKÖDIK A MARS KÖRÜLI PÁLYÁN A SZÍNES SZTEREÓKAMERA MAGYAR SZOFTVERREL

1. ÁBRA. A Hubble űrteleszkóp által 2021. június 26-án a Marsról készített kép (Forrás: ESA)

**Összefoglalás:** A CaSSIS az ESA ExoMars programjának első missziójában (Trace Gas Orbiter TGO) használt nagy felbontású színes sztereókamera. Ezt kilenc ország kutatói és mérnökei fejlesztették ki a Berni Egyetem vezetésével. A CaSSIS részletes színes és sztereó felvételeket készít a Mars felszínéről, segítve ezzel a nyomgázok, például a metán lehetséges forrásainak és nyelőinek felkutatását, amelyek a múltbeli vagy jelenlegi életre utalhatnak. A kamera fedélzeti szoftverét az SGF Technológia Fejlesztő Kft. fejlesztette ki rövid idő alatt. Az űrszondát 2016-ban indították az űrbe, és még ma is működik.

**Kulcsszavak:** Mars, ExoMars, Schiaparelli, CaSSIS, LEON processzor, Mil 1553, SpaceWire

**Abstract:** CaSSIS is a high-resolution colour, stereo camera on the first mission of ESA's ExoMars programme (Trace Gas Orbiter TGO). It was developed by researchers and engineers from nine countries, led by the University of Bern. CaSSIS is designed to acquire detailed colour and stereo images of the Martian surface, helping to identify possible sources and sinks of trace gases such as methane that may indicate past or present life. The on-board software for the camera was developed by SGF Ltd., in a short time. The spacecraft was launched in 2016 and is still operational today.

**Keywords:** Mars, ExoMars, Schiaparelli, CaSSIS, LEON processor, Mil 1553, SpaceWire

\* SGF Technológia Fejlesztő Kft. (SGF Kft.), MTA doktora; cégvezető. ORCID: 0000-0003-3979-084X

\*\* SGF Kft., szoftverfejlesztő. ORCID: 0009-0009-0829-9709

\*\*\* SGF Kft., ügyvezető. ORCID: 0009-0003-8226-3612

Az Európai Űrügynökség (European Space Agency – ESA) az oroszországi Roszkoszmosz által közösen két misszióban készült megvalósítani a marsi élet kutatását szolgáló ExoMars (Exobiology on Mars) elnevezésű programot. A program első missziója 2016. március 14-én indult Bajkonurból Proton-M rakétán. Az első misszió két egységből állt, a gázforrásokat kutató (Trace Gas Orbiter – TGO), Mars körüli pályán keringő rendszer elsősorban metánt és más légköri nyomgázokat keres, amelyek a Marson zajló aktív biológiai vagy geológiai folyamatok jelei lehetnek. Az első misszió másik egysége a Schiaparelli névre keresztelt leszállóegység volt, amelynek a felszínre juttatását egy, a következő (második) misszióban is alkalmazni tervezett leszállítórendszer (Entry Descent Demonstrator Modul – EDM) végezte, így a leszállás az EDM éles tesztjeként is szolgált. A tervek szerint a TGO a második misszió során adattovábbító központként is tud működni, amely kommunikációs szolgáltatásokat nyújtana a Mars felszínén működő leendő kutatójármű (rover) számára. A TGO orbiter adattovábbító rádiórendszereit a NASA készítette.

2022. március 16–17-én az ESA-tagországok képviselőinek párizsi tanácskozása után az ESA felfüggesztette az együttműködést Oroszországgal az Ukrajna ellen indított háború következményeként. Így a mai napig nem került sor a tervezett második misszióra, amely felszín kutató járművet (rovert) is szállított volna.





A Mars [1] a Naprendszerben a Föld után következő, a Naptól számított negyedik, szabad szemmel is látható, vörös színben pompázó kőzetbolygó (1. ábra). A vörös szín a felszínen található jelentős mennyiségű vas-oxid-pornak köszönhető. A bolygó a Földről mindig csaknem telekorongnak látható, és így nem mutat fényváltozásokat, távcsővel megfigyelve pedig felszínén számos érdekes domborzati képződmény látható. Érdemes megemlíteni a felszínből jelentősen kiemelkedő hegyet (Olympus Mons), amely 21 km magas, és a csúcsán 80 km átmérőjű, korábbi vulkáni tevékenységre utaló kaldera<sup>1</sup> látható. A másik feltűnő domborzati elem egy jól látható árokrendszer (Valles Marineris), amely közel 5000 km hosszú, és helyenként eléri a 8 km-es mélységet. A bolygó enyhén elliptikus pályán kering a Nap körül, átlagos távolsága 228 millió km, keringési ideje egy földi év és 322 nap (687 nap), tengelyforgása pedig kicsit hosszabb, mint egy földi nap (24 óra 39 perc). A Föld és a Mars is ellipszispályán keringenek, a két bolygó egymástól való távolsága állandóan változik. A Föld mint belső bolygó megelőzi, majd ismét utoléri a Marsot. Az úgynevezett nagy közelségek csak 15-17 évente következnek be, a legközelebbi 2035-ben fog megtörténni.

Tömege közel tizede a Föld tömegének ( $6,42 \times 10^{23}$  kg), átlagos sűrűsége  $3,9 \text{ g/cm}^3$  (a Föld sűrűségének 0,7-szerese). A marsi gravitációs gyorsulás értéke  $3,77 \text{ m/s}^2$ . A felszíni átlaghőmérséklete lényegesen alacsonyabb ( $-63^\circ\text{C}$ ), mint a Földé, bár az egyenlítői sávban napközben elérheti a  $20^\circ\text{C}$ -ot, de éjszaka jelentősen lecsökken ( $-60^\circ\text{C}$  alá). Légköre igen ritka: a felszíni légnyomás  $7,5 \text{ millibar}$ , ami csak 0,7%-a a földinek. Jelentős a szén-dioxid-tartalma (96%), de található még benne nitrogén (1,9%), argon (1,6%) valamint oxigén (0,15%) és elhanyagolható mennyiségben szén-monoxid, vízgőz, ózon, xenon és kripton. Forgástengelyének ferdesége  $25^\circ$ , ezért évszakváltozások is megfigyelhetők; például a téli időszakban az északi póluson jól látható fehér folt (1. ábra) változik, ami vízjégből és kicsapódott szén-dioxid-jégből (szárzajég) áll. Ez a sarki jégsapka szezonálisan változtatja a méretét, a nyár folyamán elpárolog belőle, télen pedig a légkör egy része kifagy rá, ennek méretét növelve.

A Földhöz legjobban hasonlító bolygó kutatása régóta foglalkoztatja az emberiséget, különösen a földönkívüli élet lehetőségének vizsgálata miatt.

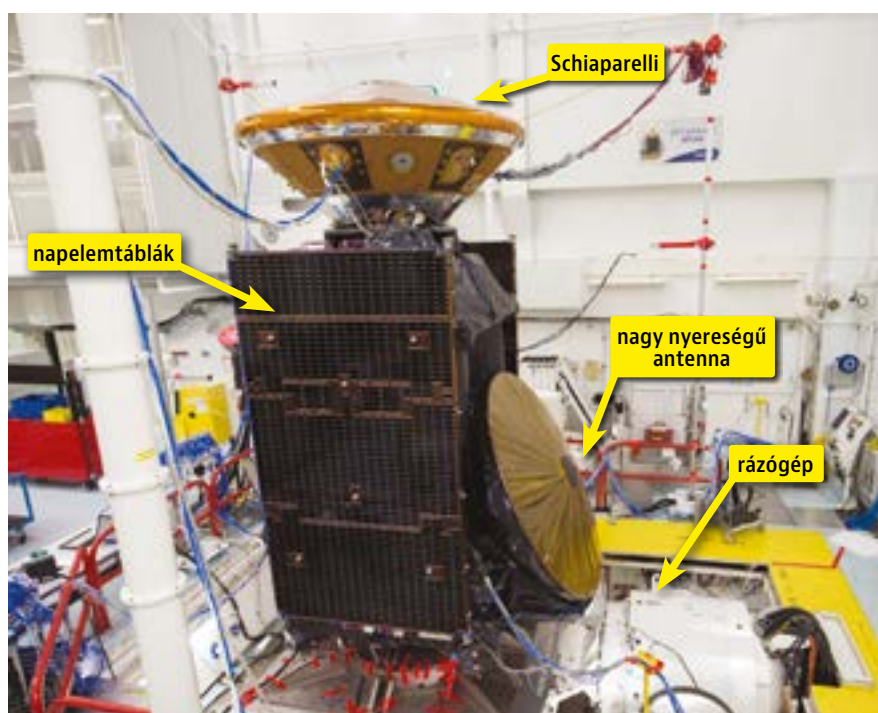
A Mars két holdját 1877-ben fedezték fel, az űrkutatás be-köszöntével pedig a legintenzívebben kutatott bolygónak tekinthető. Számos szondával vizsgálták már a Mars felszínét és légkörét az élet nyomainak jeleit és lakhatóságának lehetőségét keresve.

Az ESA első Marsot kutató űrszondája, a Mars Express 2003-ban indult és jelenleg is működik, viszont a Beagle 2 leszállóegysége a leszállás során elveszett. Az ESA Mars-hoz elindított második űrszondája, a TGO szintén tartalmazott egy leszállóegységet (Schiaparelli), amely szintén nem járt sikerrel.

Az első megvalósult ExoMars misszió űrszondájának [2] teljes tömege induláskor  $4332 \text{ kg}$  (üzemanyaggal együtt), amely a TGO keringőegységből ( $3732 \text{ kg}$ , ebből  $113,8 \text{ kg}$  a tudományos műszerek tömege) és a Schiaparelli leszállóegységből ( $577 \text{ kg}$ ) állt. A TGO mérete  $3,5 \times 2 \times 2 \text{ m}$ . Két napelemtáblája van, amelyek  $2000 \text{ watt}$ ot szolgáltatnak. Egy  $2,2 \text{ m}$ -es X-sávban működő nagy nyereségű antenna és  $3 \text{ db}$  kisebb antenna szolgál a Földdel való kapcsolatra. A Mars-felszíni mérőrendszerekkel (majd a leendő roverrel) való kapcsolattartásra a NASA által fejlesztett URH adóvevők szolgálnak. A Mars körüli árnyékos keringési szakaszokban a TGO műszereinek áramellátását egy  $5100 \text{ Wh}$  kapacitású lítium-ion-akkumulátor biztosítja.

2. ÁBRA. Fénykép egy kráterről (2024. máj. 15.) (Fotó: ESA/NASA/Roscosmos)

3. ÁBRA. A ExoMars program szondájának rázásesztje (Fotó: ESA)



<sup>1</sup> Vulkáni eredetű, nagy méretű bemélyedés.

**A TGO KERINGŐ EGYSÉG MŰSZEREI (5. ábra):**

**Légkörkémiai analízátor**

**(Atmospheric Chemistry Suite – ACS)**

Ez a három infravörös műszerből álló csomag a marsi légkör kémiai és szerkezetét vizsgálja. Az ACS kiegészíti a NOMAD műszer méréseit az infravörös hullámhosszúságú mérések bővítésével, és felvételeket készít a Napról a napfényes adatok alaposabb elemzése érdekében.

**Színes sztereókamera**

**(Colour and Stereo Surface Imaging System – CaSSIS)**

Nagy felbontású kamera (5 méter per pixel a végleges fényképezési pályán), amely nagy területről képes színes és sztereó képeket készíteni egy optikával. A CaSSIS biztosítja a NOMAD és az ACS által észlelt nyomgázok forrásai és nyelői geológiai és dinamikai hátterének vizsgálatát.

**Nagy felbontású neutrondetektor**

**(Fine Resolution Epithermal Neutron Detector – FRENDO)**

Ez a neutrondetektor képes 1 méter mélységig feltérképezni a hidrogént a felszínen, és a felszín közelében feltárja a vízjég lerakódásait. Ez utóbbi tevékenység akár 10-szer hatékonyabb, mint a jelenlegi mérések.

**Infravörös és ultraibolya spektrométer**

**(Nadir and Occultation for Mars Discovery – NOMAD)**

A NOMAD műszerblokk három spektrométert (két infravörös és egy ultraibolya) tartalmaz a légköri komponensek nagy érzékenységű azonosítására, különös tekintettel a metánra és más biomarker-gáz összetevőkre.

**A SCHIAPARELLI [3] EGYSÉG MŰSZEREI:**

**A leszállási adatgyűjtő**

**(Atmospheric Mars Entry and Landing Investigation and Analysis – AMELIA)**

A légkörbe való belépési és ereszkedési szakaszban gyűjt tudományos adatokat a Schiaparelli szolgálati érzékelőinek segítségével.

**A leszállási hőhatások mérésére szolgáló**

**műszercsomag (Combined Aerothermal and Radiometer Sensors instrumentation package – COMARS+)**

A Schiaparelli hátsó burkolatának hőáramlását figyeli a légkörön való áthaladás során.

**Leszállási kamera (Descent Camera – DeCa)**

Képet készít a leszállóhelyről, amint az a felszínhez közeledik, valamint a légkör átlátszóságát is méri.

**Kompakt lézeres fényvisszaverőkből álló tömb**

**(INstrument for landing-Roving Laser Retroreflector Investigations – INRI)**

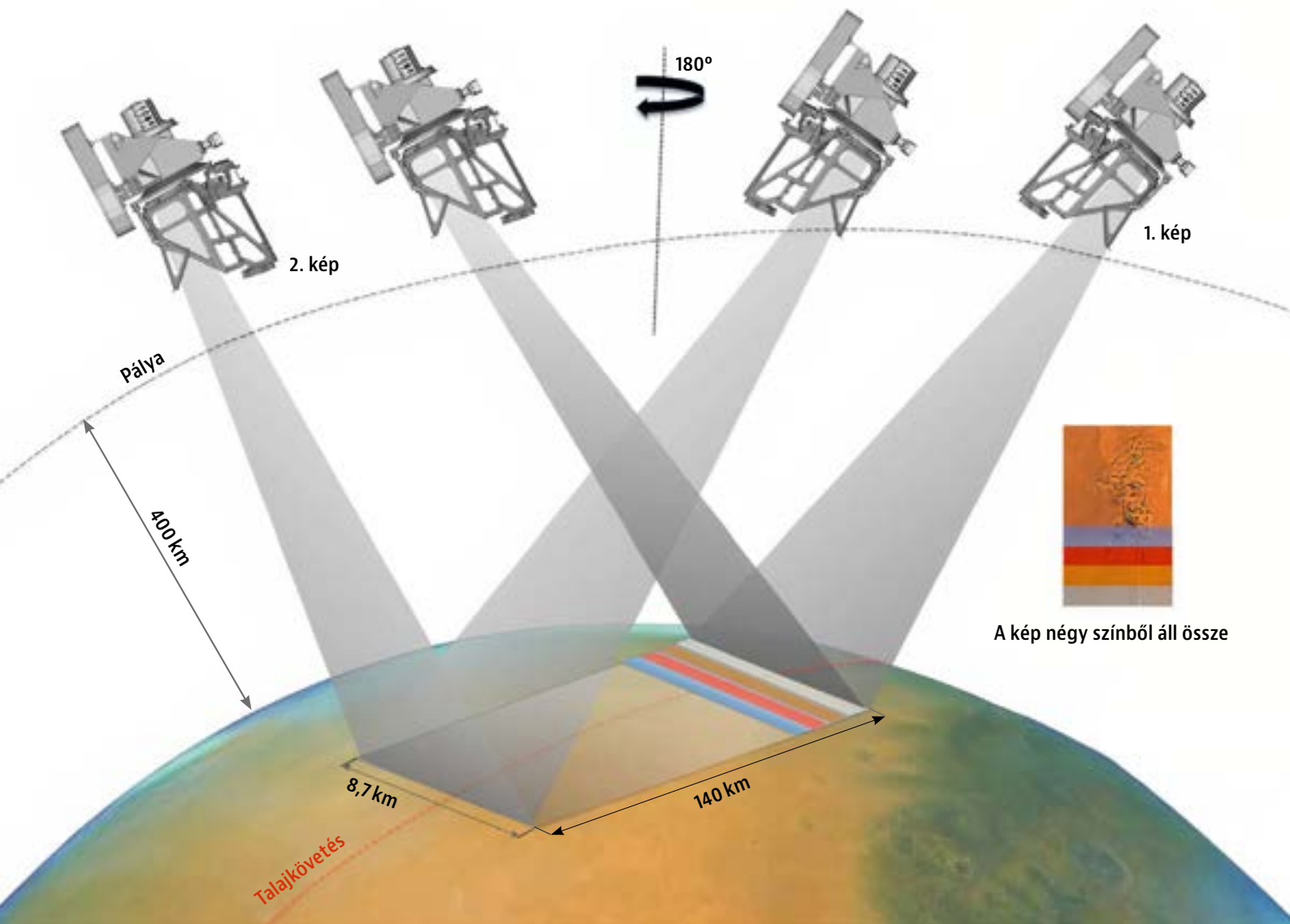
A Mars körüli pályán keringő űrszondák célpontként tudják használni a modul lézeres lokalizálására.

**A környezettanulmányozó műszeregyüttes**

**(Dust Characterisation, Risk Assessment, and Environment Analyser on the Martian Surface – DREAMS)**

Olyan érzékelőkből áll, amelyek a helyi szélsőségeket és -irányt, a páratartalmat, a nyomást, a felszínközeli légköri hőmérsékletet, a légkör átlátszóságát és az elektromos te-  
reket mérik a Marson.

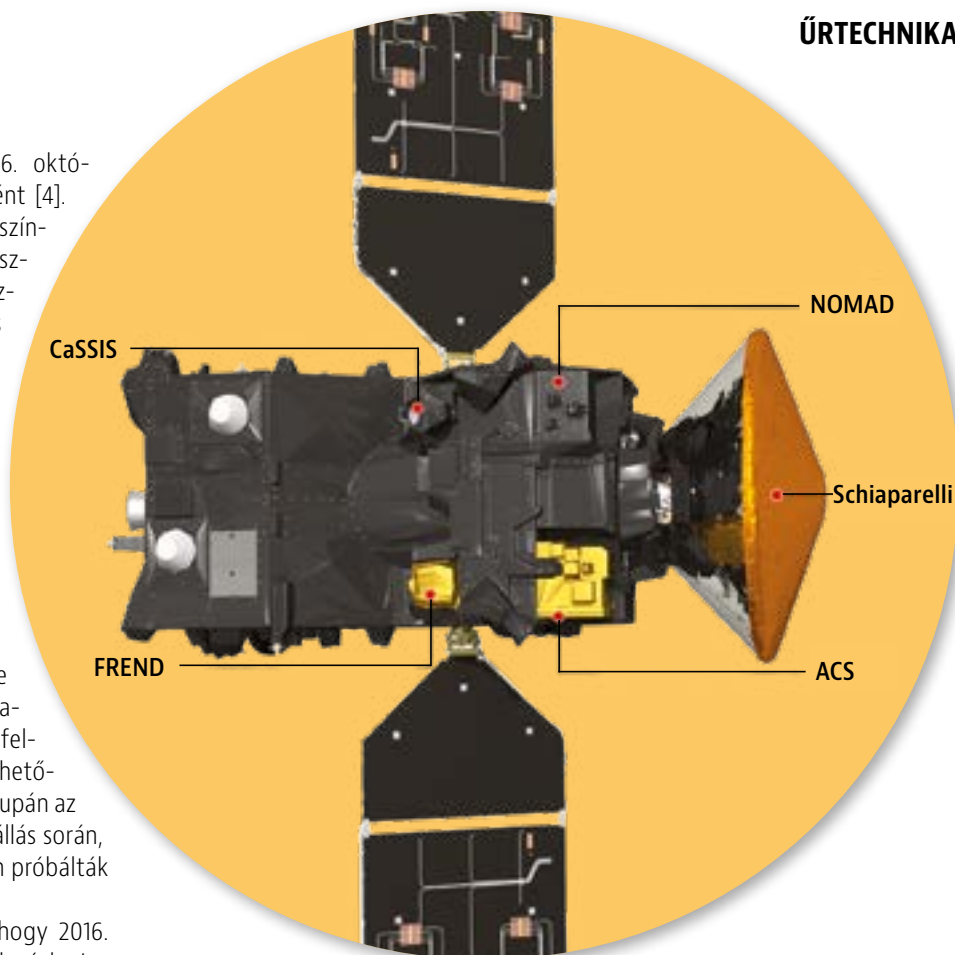
4. ÁBRA. A CaSSIS sztereókép készítése (Forrás: UNIBE)



A Schiaparelli és a TGO szétválasztása (2016. október 16.) a Marstól 900 000 km távolságra történt [4]. A Schiaparellivel a légkörbe való belépés és a felszínre való sima leszállás technikáját kellett volna tesztelni, illetve felszíni közvetlen méréseket végezni. A Mars légkörével kivitelezett rövid fékezés (6-7 perc) kritikus folyamat volt, mivel a Földről való irányítására nem volt mód a 9 percnyi jelterjedési holtidő miatt. A Schiaparelli a sima leszállás helyett becsapódott a felszínbe (2016. október 19-én.). Feltehetőleg szoftverhiba miatt 30 másodperc helyett csak 4 másodpercig működtek a fékezőrakéták, vagy a két fékezőernyő korán vált le, esetleg a magasságmérő a vélhető rázkódása miatt téves adatokat küldött a leszállóegység vezérlő számítógépébe, amely ez utóbbiakat nem kezelte megfelelően. A becslések szerint 2-4 km-es magasságból 300 km/óra sebességgel csapódott a felszínbe, ahol a maradék fékező üzemanyag feltehetően berobbant. A Schiaparelli öt műszere közül csupán az AMELIA és a COMARS+ volt bekapcsolva a leszállás során, és a két műszer által továbbított adatok alapján próbálták a leszállási kudarc okát meghatározni.

A TGO-t a szétválás után úgy fékeztek le, hogy 2016. október 17-én a Mars körül négynapos periódusú keringési pályára állt, ami egy  $96\,000 \times 300$  km elnyújtott ellipszis volt. Ezután fokozatos lassú légköri fékezéssel 2018 áprilisában közel körpályára állt (360 km, 420 km magasan a Mars felszíne felett), keringési ideje  $\sim 2$  óra volt. Ez a körpálya a színes sztereókamera (CaSSIS) számára stabil sztereókép-készítést tett lehetővé. Nemcsak az ExoMars programmal kapcsolatban történtek jelentős változások politikai és gazdasági szempontok alapján, de a műszerek fejlesztése során is. Például a CaSSIS-kamera a kezdeti megállapodások alapján svájci és amerikai fejlesztés lett volna. Az USA 2014-ben a NASA által vállalt fejlesztésekből kilépett, és a fővállalkozó, a Berni Egyetem (Universitat Bern – UNIBE) bolygó-képkalkító csoportja (Planetary Imaging Group) svájci szoftverfejlesztőket bízott meg a kamera szoftverrendszerének fejlesztésével. A CaSSIS-ban az ESA új típusú, űrminősítésű processzorait alkalmazták, a megbízott svájci szoftverfejlesztő cég azonban nem tudta az ütemtervet tartani.

Korábban az SGF Kft. mérnökei a Rosetta misszió Philae leszállóegysége központi számítógépének megkezdett fejlesztését vette át a német Légi- és Űrközlekedési Központ (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – DLR) garchingi intézetétől, majd sikeresen határidőre befejezte. Magyarország még nem volt ESA-tagállam, amikor a kft. a missziókritikus feladatot ellátó szoftverfejlesztést sikeresen befejezte, és a Rosetta szonda 2004 márciusában elindult 10 évig tartó bolygóközi útjára. 2014-ben a leszállóegység sikeresen teljesítette feladatát az SGF Kft. által fejlesztett szoftverével. Ennek ismeretében 2014 végén a Berni Egyetem csoportvezetője megkereste az SGF Technológia Fejlesztő Kft.-t (SGF Kft.), hogy az ExoMars űrszonda indításáig el tudná-e végezni a szoft-



verfejlesztési feladatokat a CaSSIS-kamera számára a hátralévő kevesebb mint egy év alatt. A CaSSIS fejlesztésében kilenc ország (Amerikai Egyesült Államok, Egyesült Királyság, Franciaország, Lengyelország, Magyarország, Németország, Olaszország, Oroszország és Svájc) intézeteiből és ipari cégeiből vettek részt kutatók és mérnökök. A Berni Egyetem vezetésével európai intézetek mérnökei és kutatói fejlesztették a képfelvevő rendszer hardverét (elektronikát és optikát), a vezérlő és adatgyűjtő szoftvert pedig az SGF Kft.-re bízták.

A színes sztereókamera (CaSSIS) [5] az űrszonda Mars-felszín felé néző oldalán (5. ábra) lett elhelyezve. A súlycsökkentés érdekében a sztereókép készítése egyetlen optikai rendszerrel történik, ennek a kamerának a szisztematikus forgatásával (4. ábra). A kamera kutatási feladatai:

- a lehetséges jövőbeli leszállóhelyek felderítése (egy jövőbeli rover számára);
- a dinamikus felszíni folyamatok vizsgálata, amelyek hozzájárulhatnak a légköri gázok keletkezéséhez;
- a metán és más nyomgázok lehetséges felszíni és felszín alatti forrásainak vizsgálata.

A Mars-felszín állandó megfigyelése érdekében a TGO tudományos egysége elsődlegesen a felszínre merőleges orientációban található. Az orbiter olyan tengely körül forog, hogy a napelemtáblák a Nap irányába álljanak, míg az esetleges túlmelegedést okozó felesleges hő leadó radiátorok soha ne kerüljenek napfénybe. A CaSSIS vezérlőrendszere mindig kompenzálja az orbiter oldalirányú elfordulását, de a nominális sztereóképek készítése idején a szonda oldalirányú elfordulása leáll, a sztereóképpárok maximális pontossága céljából. A CaSSIS forgatómechanizmusa képes

5. ÁBRA. A TGO-szondán a műszerek elhelyezése a szétválás előtt. A nagy nyereségű antenna az ellenkező oldalon van (Forrás: ESA)

a teljes teleszkóprendszert 180°-kal elforgatni, és közben tartószerkezete mozdulatlan marad. A CaSSIS forgatómechanizmusa teszi lehetővé, hogy egy teleszkóppal és érzékelőegységgel sztereóképeket készítsen. A sztereóképpárokból először a szonda nyomvonalában 10°-kal előre fordulva, majd 180°-kal elfordulva, 10°-kal hátrafelé nézve készíti a második képet. A sztereóképpárok azonos megvilágítása a sztereójelek optimális korrelációját biztosítja.

A CaSSIS összeszerelt rendszer fényképe a 7. ábrán látható; három funkcionálisan elkülönült egységből áll: teleszkóp, forgatórendszer és elektronika. A teleszkóp és a forgatórendszer mechanikailag közös egységet képez.

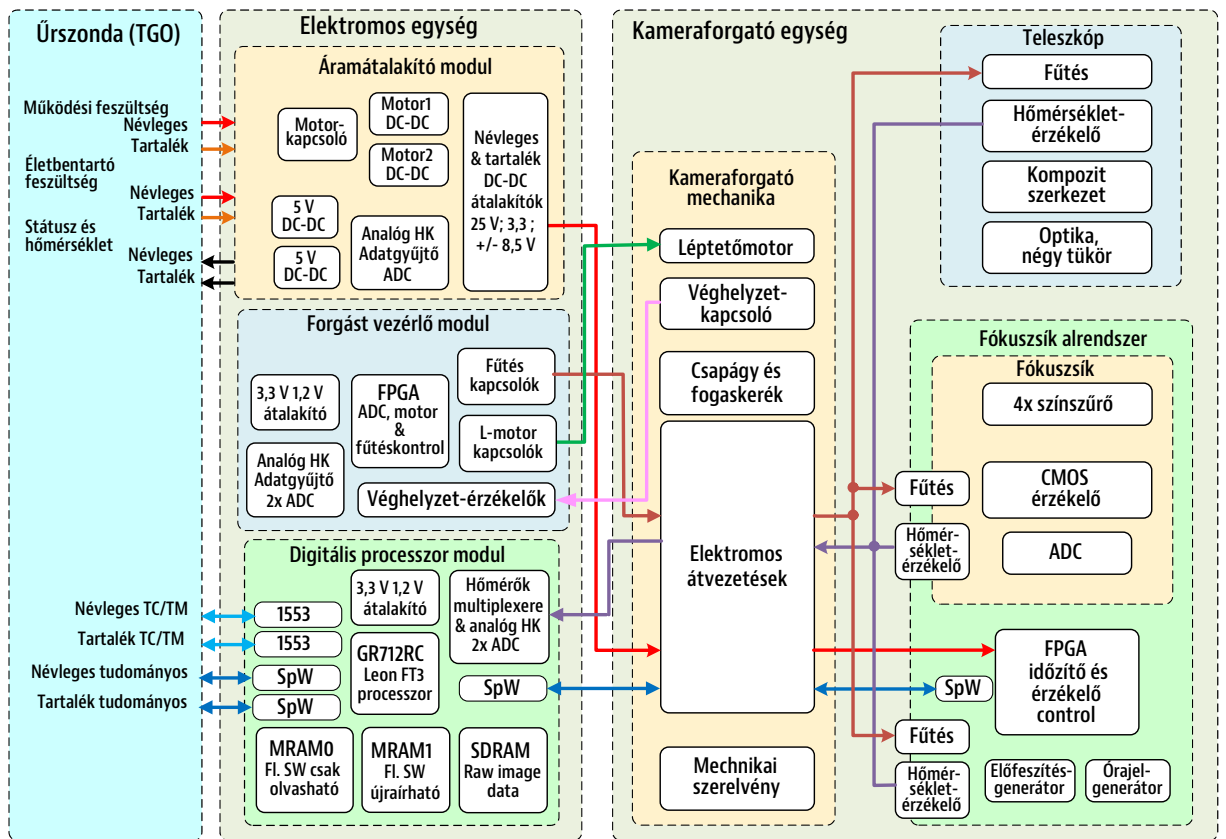
A három fő egységen belüli részletesebb főbb funkciókat külön feltüntetjük a 6. ábrán. Az elektronikai egység három nyomtatott kártyát tartalmaz:

- Feszültségátalakító, amely biztosítja a szükséges feszültségeket a CaSSIS számára a fedélzeti névleges 28 V-ból.
- A digitális processzormodul vezérlését és felügyeletét biztosítja a repülési szoftver (Flight Software – FSW) segítségével, valamint a digitális illesztőegység az űrszonda SpaceWire és Mil1553 kommunikációs buszaihoz.
- A forgásvezérlő modul (Rotation Control Modul – CRCM), amely a forgási mechanizmus léptetőmotorját hajtja.

A digitális processzor modul (DPM), amint már említettük, az ESA által űrkutatásra ajánlott kétmagos LEON3-FT SPARC V8 32 bites GR712RC processzorra épül. Ez a processzor a CQFP240-es csomagolásban robusztus, akár 3 Gy (SI) teljes ionizáló dózissal (Total Ionizing Dose – TID) szemben, és védett egy bit meghibásodásra (Single-Event Latch-Up – SEL és Single-Event Upset – SEU). Alacsony az energiafogyasztása mind az 1,8 V-os,

mind a 3,3V-os tápfeszültségen is. A működési frekvenciája 48 MHz-re lett beállítva a számítóteljesítmény és az energiafogyasztás közötti kompromisszumként. Ez a processzor SpaceWire (SpW) kapcsolatokat és redundáns MIL-STD-1553 interfészeket is tartalmaz.

A LEON processzor hibatűrő (Error Detection and Correction – EDAC) memóriavezérlője tartalmaz két logikát is, mely BCH8 (32 bitenként 8 bitnyi hibajavító és detektáló kód 1 bit hiba javítására és 1 további detektálására) valamint ReedSolomon (32 bitenként 16 bitnyi hibajavító kódolás 4 bites blokkhibák javításához) hibajavító kódolást támogat. A CaSSIS szoftvere a BCH8 hibajavítót használja. A processzor és a memóriák között 32 adat- és 8 EDAC vezetékvonallal van. Összesen három memória található a DPM kártyán. Két nem felejtő véletlen hozzáféréssű mágneses (Magnetoresistive Random Access Memory – MRAM) memória van, amelyek mindegyike a működtető szoftver (FSW) egy-egy példányát tárolja. Az egyik újraírható, hogy lehetővé tegye az FSW későbbi frissítését és a tartós paraméterek mentését. Tehát mindig két indítható FSW-verzió van a CaSSIS-ban, az egyik változtathatatlan, csak olvasható, utolsó földi FSW példány, a másik pedig az utólagos frissítéseket is tartalmazó változat. Ezek a Cobham UT8MR2M8 típusú MRAM-ok összesen 16 Mbit-esek, és 1 Mrad(Si) TID-nek való ellenállásukkal nagyon ellenállóak a sugárral szemben, valamint SEL/SEU-immunitással rendelkeznek. Sajnos adatforgalma 8 bit széles buszon történik, és olvasási/írási sebessége 45 ns, ami az alkalmazott processzornál kettő, a memóriavezérlésében ugyancsak kettő várakozási állapot beiktatását igényli. Ezért a nyers négy színű sztereóképfeldolgozása egy 40 bit adatszél-



6. ÁBRA. A CaSSIS egyszerűsített funkcionális blokkvázlata (Forrás: UNIBE)

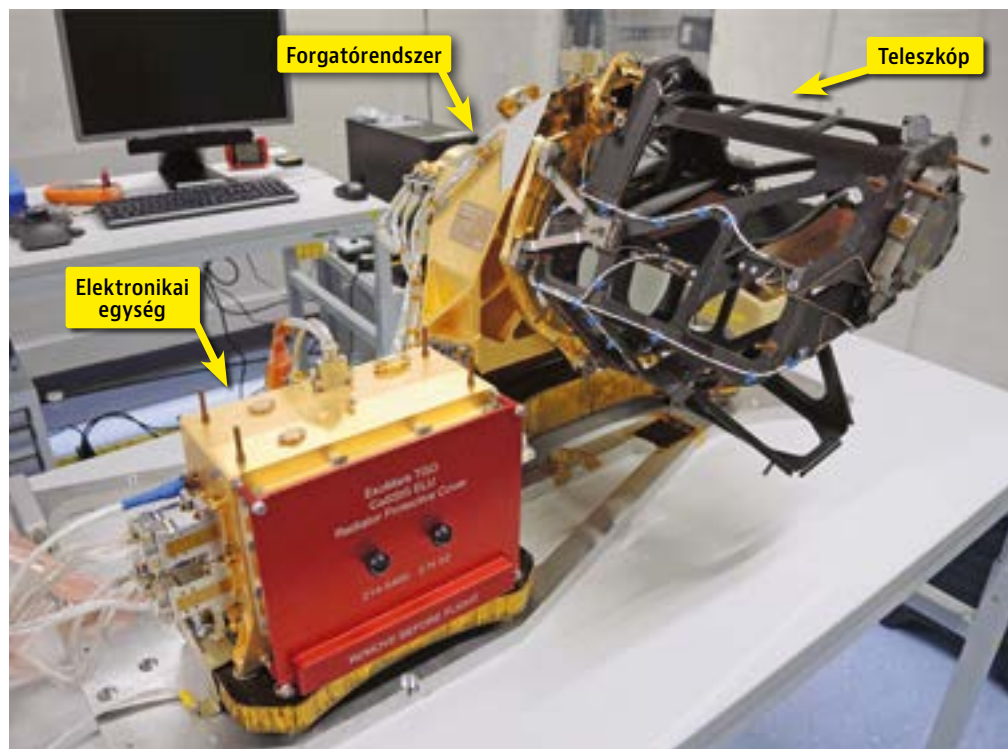
ségű szinkron dinamikus közvetlen hozzáférésű memóriában (Synchronous Dynamic Random Access Memory – SDRAM) történik, amely szintén sugárzásálló (100 krad). Ennek az SDRAM memóriának a fogyasztása viszonylag nagy, így a tervezett két memóriablokk helyett csak egy blokkot alkalmaztak. Ez ahhoz a működési korlátozáshoz vezet, hogy a következő kép elkészítése előtt a sztereóképet (ha szükséges) tömöríteni kell, és a SpaceWire kapcsolaton keresztül el kell küldeni a szonda központi adattárolójába (Payload Data Handling Unit – PDHU), amely majd továbbítja a Földre. Az analóg hőmérséklet-érzékelő és az adatgyűjtő áramkör egy kis hiszterézisű<sup>2</sup> hőmérsékletszabályzó áramkör; ez lehetővé teszi alacsonyabb átlagos hőmérséklet beállítását, ezzel pedig energiatakarékosabb, mint a klasszikus termosztátok.

A teleszkópforgatás-vezérlő áramkörök minden eleme sugárzástűrő.

Egy kis fogyasztású ProAsic3 flash FPGA található a vezérlőben, amely 100 ms-ként kiolvassa az öt darab nyolccsatornás 12 bites A/D átalakítót soros interfész buszon. Maga a forgatómotor léptetőmotor, és a motor által keltett rezgések csökkentése érdekében az FPGA 1/8 mikrolépésekkel működteti, ami kvázi szinuszos motoráramot eredményez. A léptetőmotorok nagy veszteséggel működnek, ezért a hőmérsékletét két hőérzékelő figyeli a túlmelegedés elkerülésére. Mindkét irányban két-két végálláskapcsoló van, mielőtt a mechanizmus elérné a mechanikus végállást. A CaSSIS túlélési fűtőtéljesítményét úgy kellett meghatározni, hogy a túlélési teljesítmény és a működési teljesítmény közötti különbség nem haladhatja meg a háromszoros értéket. Ezért a fűtéstáplálás közvetlenül a bejövő tápfeszültségre van kötve. A teleszkóp pontos működéséhez 10°C-ra kell felfűteni, amihez kb. 45 perc szükséges. A fűtőtesteket sugárzásálló, névlegesen 10 V-os N-csatornás MOSFET-ek kapcsolják.

A szoftver (FSW) szempontjából a CaSSIS hardverkörnyezet három fő modulból áll, valamint a TGO elektronikus rendszerét (tápellátás és kétirányú adatkapcsolat) kezelő egységéből:

- Az FSW futtatásához szükséges alapvető hardverelemeket a CPU-t is tartalmazó áramköri lapra integrálták. Ez a (CPU) modul biztosítja a kapcsolatot a többi fő modulhoz, nevezetesen az FPGA-hoz és a kameraszenzor illesztő elektronikájához (Proximity electronics – PE).
- Az FPGA-modul (a memóriabuszon keresztül) illeszteti (interface – IF) valósítja meg az FPGA-hoz ADC-ken keresztül csatlakoztatott analóg érzékelők által mért telemet-



riai adatok gyűjtésére, és ezáltal a hőkezelő rendszer és a távcső forgató mechanizmusának vezérlésére.

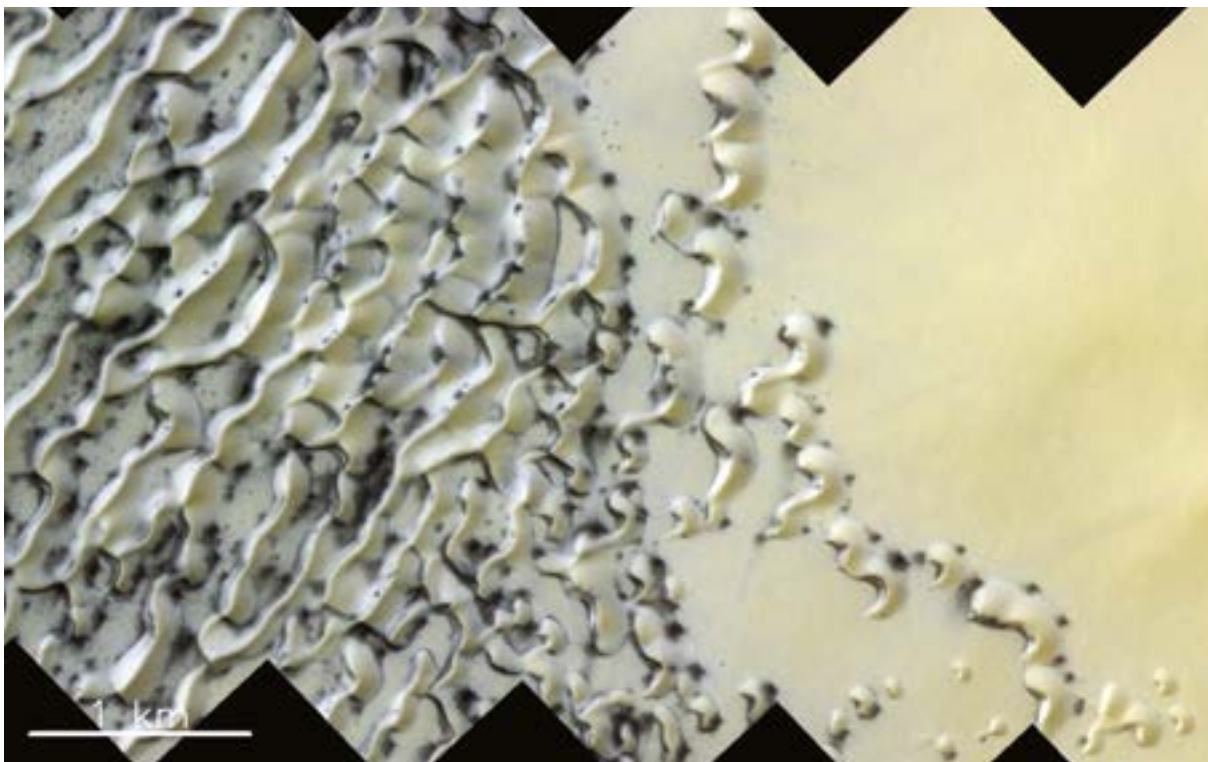
- A PE modul egy SpaceWire (SpW) kapcsolaton keresztül interfészt biztosít a detektorhoz való hozzáféréshez, a képpalkotási folyamat vezérléséhez és a detektor által rögzített expozíciós adatok fogadásához.
- Az űrszonda feszültségellátó rendszerének két hálózata van (működési/üzemeltetési, valamint túlélési/életben tartási). Mindkét hálózatnál van névleges és tartalék tápvonal is. Az üzemmódok bekapcsolt állapotának (Bi-level Switch Monitor – BSM) és a hőmérséklet ellenőrzésére szolgáló monitorrendszernek szintén van névleges és tartalék illesztőegysége is. A digitális adatforgalom két szabványos interfész rendszerből (Mil-1553 és SpaceWire) áll. Mindkettő tartalmaz fő és redundáns kapcsolatot is. A LEON3 processzormagban a két szabvány szerinti illesztő logika rendelkezésre áll.

A megbízhatóság és a karbantarthatóság érdekében a CaSSIS a fedélzeti szoftver két független példányát is tárolja. Az egyik egy nem felejtő, csak olvasható memóriában van mentve, míg a másik egy nem felejtő memóriában van, de a küldetés idején újraírható, ami lehetővé teszi a fedélzeti szoftver frissítését. Egy CaSSIS-specifikus indítóprogram (bootloader) inicializálja a LEON3 processzort, ellenőrzi az FSW-képek integritását és betölti a megfelelő szoftvert. Az indítóprogram (bootloader) alapját a Gaisler cég biztosította a GR712RC környezethez, ugyanakkor a CaSSIS speciális követelményei miatt nem lehetett módosítás nélkül használni, és a megbízhatósági követelményekhez kellett igazítani.

7. ÁBRA. A CaSSIS kamera tesztelése (Forrás: UNIBE)

<sup>2</sup> A hiszterézis (általában fizikai) rendszerek azon tulajdonsága, hogy érzéketlenek; nem azonnal reagálnak a rájuk ható erőkre, hanem késleltetéssel, vagy pedig nem térnek teljesen vissza az eredeti állapotukba; ezeknek a rendszereknek az állapota függ az előéletüktől.

8. ÁBRA. A fénykép 2019. május 25-én készült a Mars északi pólusánál (Fotó: ESA/NASA/Roscosmos)



Az adatforgalom megbízhatóságának érdekében a szoftverképek és a tudományos adatok (beleértve az SpW-n keresztül küldött képadatokat is) md5 ellenőrzőkóddal<sup>3</sup> vannak védve. A TC és TM (HK) adatokat 2 bájtos CRC (ciklikus redundanciaellenőrzés) védi. A hibás CRC-vel kapott távutasításokat a rendszer figyelmen kívül hagyja. Az MRAM-okban és SDRAM-okban tárolt adatokat a memóriamodulok EDAC mechanizmusa védi (és hiba esetén lehetőség szerint korigálja).

A szoftver frissítését és ugyanakkor az eredeti változat elérhetőségét a megduplázott MRAM memóriamodulok biztosítják. Az MRAM0 csak olvasható a repülés során, és az FSW első verziójának bináris képét tárolja. Az MRAM1 egy azonos modul, de a futó FSW írhatja azt repülés közben. A szoftver bármely példányának indításával lehetőség van arra, hogy az FSW frissített képét távvezérléssel feltöltsék az MRAM1-be. Bekapcsoláskor vagy újraindításkor a bootloader ellenőrzi az MRAM-okban lévő szoftver kódokat és eldönti, hogy melyik szoftvert kell indítani.

2018 áprilisa óta nagy számú kép készült [6] (2020. december 13-ig a 20 000. kép készült a Marsról). 2023 áprilisában a Föld közelébe került a Mars, akkor heti 300 képet lehetett a Földre továbbítani.

### ÖSSZEFOGLALÁS

Az ExoMars-TGO űrszonda és a CaSSIS kamera jelenleg is stabilan működik a 400 km-es Mars körüli körpályán. A CaSSIS nagy számú lenyűgöző felszíni színes képeiből 180-at a Bilder von Mars című könyvbe Nicolas Thomas vezetésével gyűjtöttek össze, és öt nyelven kiegészítő információkkal látták el. Ezt a Weber Verlag press 2022-ben

adta ki (ISDN:978-3-03922-151-6). A biomarker-gáz keresése (legfontosabbja a metán) eddig nem hozott új áttörő eredményt; ha jelen is van, a koncentrációja legfeljebb csak 0,05 ppbv (parts per billion by volume) lehet. [7] A Föld légkörében közel 2000 ppbv metán van. A sikeres együttműködés a CaSSIS-ban megalapozta, hogy az SGF Kft.-t meghívták a 2029-ben, az ESA üstökös kutatására induló űrszonda (Comet Interceptor) kamerájának (Comet Camera – CoCa) szoftverfejlesztésére is. ■

### HIVATKOZÁSOK

- [1] Ian Ridpath: Bolygók és csillagok. Dorling Kindersley Limited, Panemex Kft. és Grafo Kft. Budapest, 1999.
- [2] ExoMars Trace Gas Orbiter Instruments. <https://exploration.esa.int/web/mars/-/48523-trace-gas-orbiter-instruments> (Letöltve: 2025.07.13).
- [3] Schiaparelli: the ExoMars Entry, Descent and Landing Demonstrator Module. <https://exploration.esa.int/web/mars/-/47852-entry-descent-and-landing-demonstrator-module> (Letöltve: 2025.07.13).
- [4] Mars media kit. [https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Human\\_and\\_Robotic\\_Exploration/Exploration/Mars\\_media\\_kit](https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Exploration/Mars_media_kit) (Letöltve: 2025.07.13)
- [5] Thomas N. et al.: The Colour and Stereo Surface Imaging System (CaSSIS) for the ExoMars Trace Gas Orbiter. Space Sci Reviews, 2017.10.27. 1897–1944, DOI: 10.1007/s11214-017-0421-1
- [6] CaSSIS in Images [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Search?SearchText=CaSSIS&result\\_type=images](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Search?SearchText=CaSSIS&result_type=images) (Letöltve: 2025.07.13)
- [7] ExoMars orbiter continues hunt for key signs of life on Mars. 2021.07.20. <https://www.aeronomie.be/en/news/2021/exomars-orbiter-continues-hunt-key-signs-life-mars> (Letöltve: 2025.07.13)

<sup>3</sup> Matematikai eljárás révén véletlenszerűen tűnő, ellenőrzésre szolgáló kiegészítő kódot hoz létre.

TERJÉK MIKLÓS\*

# AZ ÉJSZAKAI HARCKÉPESSÉGEK FONTOSSÁGA A MODERN HARCMEZŐN I. RÉSZ

**Összefoglalás:** Az éjjellátó berendezések katonai alkalmazása mára már alapvető a modern hadviselésben, kibővítve az éjszakai harci műveletekben résztvevő katonák körét. Immár nemcsak a különleges műveleti katonák alapeszköze az éjjellátó szemüveg, hanem minden műveleti katonának rendelkeznie kell vele. A tanulmány a különböző éjjellátó technológiák, így a képerősítő csöveken alapuló rendszerek, valamint a hőképképző kamerák bemutatását tűzi ki célul, kiemelve azok harcászati előnyeit a harctéri helyzetismeret és a célazonosítás terén. Ismertetjük a legújabb fejlesztéseket, így a panorámás eszközöket, a fúziós technológia és a mesterséges intelligencia integrációját is. A tanulmány rámutat, hogy az éjjellátó rendszerek fejlődése közvetlenül hozzájárul a harcászati hatékonyság növeléséhez, a veszteségek csökkentéséhez és a katonai fölény biztosításához a sötétség által korábban uralt hadszíntereken.

**Kulcsszavak:** infravörös, éjjellátó, hőkamera, fúzió, kiterjesztett valóság

**Abstract:** The military application of night vision devices has become fundamental in modern warfare, significantly expanding the scope of soldiers participating in night-time combat operations. Night vision goggles are no longer the exclusive tools of special operations forces; they are now considered essential equipment for all combat troops. This study aims to analyze various night vision technologies, including image intensifier tube-based systems and thermal imaging cameras, highlighting their tactical advantages in situational awareness and target identification on the battlefield. The latest advancements are also presented, such as panoramic devices, fusion technologies, and the integration of artificial intelligence. The study demonstrates that the evolution of night vision systems directly contributes to increased tactical effectiveness, reduced casualties, and the maintenance of military superiority in operational environments previously dominated by darkness.

**Keywords:** infrared, night vision device, thermal imaging camera, augmented reality

## BEVEZETÉS

A modern hadviselésben az éjszakai harcképesség kiemelt előnyt jelent a harctéren, jelentősen növelve a műveletek hatékonyságát és a csapatok túlélőképességét csökkent látási viszonyok között. Az éjjellátó technológiák alkalmazása lehetővé teszi a katonák számára, hogy sötétben is megbízhatóan észleljék, azonosítsák és leküzdjék az ellenséges célpontokat, ezzel kiterjesztve az effektív harcra fordítható időt az éjszakára is. Az éjjellátó berendezések két fő technológiai kategóriába sorolhatók: ezek a képerősítő eszközök és a hőképképző kamerák. A képerősítő rendszerek a környezeti fényt – például a csillagok által kibocsátott vagy a Hold által visszavert gyenge fényt – felerősítve teszik lehetővé a látást, míg a hőképképző rendszerek a célpontok által kibocsátott infravörös sugárzást detektálják, így teljes sötétségben vagy rossz látási viszonyok között is használhatók. Az éjjellátó technológiában a 21. században végbement fejlődés olyan szintet ért el, hogy az éjszakai harcképességek integrálása a harci műveletekbe alapjaiban változtatta meg a harcszabályzatokat, illetve új dimenziókat nyitott a hadműveleti tervezésben.

Jelen cikk motivációját a felismerés adta, hogy egyetlen, a modern hadszíntéren helytállni akaró hadsereg sem teheti meg, hogy nélkülözze az éjszakai harcképességet.

Ennek eléréséhez pedig nemcsak az egyébként jelentős anyagi ráfordítást igénylő, modern éjjellátó berendezések beszerzése szükséges, hanem a katonák felkészítése, kiképzése és gyakoroltatása, valamint az éjszakai harceljárások

\* Alezredes, NKE  
Hadtudományi és  
Honvédtisztképző Kar,  
Katonai Felsővezető  
Szakirányú  
Továbbképzési Szak.  
ORCID:  
0000-0003-2705-0852



1. ÁBRA. Egy M2 típusú infravörös éjjellátó irányzékkal szerelt T3 karabély célzás közben [6]





2. ÁBRA. A US Army 197. gyalogdandárának éjszakai bevetésre felkészített katonája 1972-ben AN/PVS-2 Starlight céltávcsővel szerelt M16A1 gépkarabéllyal  
(Forrás: Wikipedia)

kikísérletezése, adaptálása is. Továbbá ezt a képességet ki kell terjeszteni minden harcban résztvevőre, hiszen a nyugati típusú hadseregekben mindent meg kell tenni az egyes katonák túlélési esélyének növelése érdekében. A modern felszereléssel rendelkező, magasan képzett, motivált katona, aki még az éjszakai harcmezőn is sikeresen képes harcolni, jelentheti azt a tényezőt, amely sikerre vihet egy fegyveres konfliktust akár még túlerőben lévő ellenféllel szemben is.

### ELŐZMÉNYEK

A történelmi korok során az ókorban és a középkorban a katonai műveletek főleg tavasztól ősziig és többnyire nappal zajlottak. A hadvezérek a hadjáratokat és csatákat mindig ezen alapelvek mentén tervezték, a telet és az éjszakát pedig a pihenésre és felkészülésre használták. Éjszakai hadműveleteket a legújabb időkig mindig vagy a lehetőségeik elfogyta utáni végső esetben, vagy a nagy siker reményében, és megfelelő felkészülés után hajtottak végre katonai alakulatok. Azonban a parancsnokoknak mindkét esetben vállalniuk kellett az igen nagy kockázatot, amit az éjszaka rossz látási viszonyai okoztak. Az első eshetőségnél példaként gondoljunk az athéniak Szürakuszai ellen indított ostromára Kr. e. 415-ben. A hadművelet elhúzódott, és a támadók válságos helyzetbe kerültek, mivel a vezetési és az utánpótlási problémák miatt a haderő demoralizálódott. Az athéniak és a szövetségeseik egy döntő támadást akartak indítani a szürakuszaiak ellen éj-

szaka, bízva a meglepetés erejében. A sötétség, a zűrzavar, az ismeretlen terep és az azonosítás nehézségei azonban káoszt idéztek elő. A katonák nem ismerték jól a terepet, nehezen különböztették meg egymást, és összeomlott a hadrend. Több alakulat tévesen egymás ellen fordult, a parancsok nem jutottak el mindenkire, és pánik tört ki. A szürakuszaiak kihasználták a zűrzavart, és ellentámadást indítottak. Az ütközet megtörte az athéni hadsereg morálját, és hozzájárult a teljes szicíliai expedíció katasztrofális bukásához. Ez a vereség fordulópontra jelentett a peloponnészoszi háborúban, amely után Athén sosem nyerte vissza korábbi haderejét. Thuküdidész a csatáról azt írja: „Hiszen még nappal sem látják a résztvevők elég jól, ami történt, és az egészet bizonyára nem, hanem mindegyikük csak azt, ami mellette lejátszódott, hát még egy ilyen éjszakai ütközetben, amilyenre ekkora seregek közt ebben a háborúban még nem volt példa, hogyan lehettek volna bárkinek is pontosabb értesülései?” Bár az ókor és a középkor más háborúiban is volt már példa éjszakai összecsapásokra, ezeket túl kockázatosnak és emellett még becstelennek is tartották. [1]

Az újkor háborúiban szintén kerültek az éjszakai harcot, hiszen a 18. század vonalharcazatának fegyelmezett sorait, vagy a 19. század rugalmasabb, manőverező harcát rossz látási viszonyok között vezetni egyenesen kudarccal ért fel. A korszak nagy hadvezérei, úgymint Nagy Frigyes, Wellington herceg, de maga Napóleon is mind a nappal részesítették előnyben csatáik időzítésekor. Persze voltak kivételek is, amikor egy-egy éjszakai támadás sikerre vezetett. Ilyen volt például az amerikai polgárháború során az uniós James H. Wilson és Emory Upton tábornokok 1865-ben Columbus városánál vívott győztes éjszakai támadása, bizonyítva, hogy megfelelő tervezéssel az éjszakai műveletek is lehetnek eredményesek. [2]

Az éjszakai műveletek nagyobb mértékű alkalmazását a vegyészeti és az elektromos berendezések fejlődése tette lehetővé. [3] Az I. világháború véres lövészárokharcjai természetszerűleg hozták el az igényt az éjszakai támadások végrehajtására, hiszen ezek annak a lehetőségét kínálták fel, hogy olyan távolságokat tegyenek meg a rohamozó csapatok a senki földjén, amelyeket nappal az ellenség tűzeszközei lehetetlenné tettek. Ezek megakadályozására fejlesztették ki a különböző megvilágító eszközöket. Elkezdték használni a harcmező megvilágítására a világító-töltényeket és ejtőernyővel fékezett világítógránátokat, valamint a nagy teljesítményű keresőreflektorokat. Ezen utóbbiakat sikerrel használta a haditengerészet és a légierő. A hadihajókon reflektorok segítették az éjszakai célzást, a tengeralattjárókat és a léghajókat is ezekkel az eszközökkel keresték. [2]

A II. világháború során a szövetségesek tartózkodtak az éjszakai műveletektől, kivéve a haditengerészetet és a légierőt. Gondoljunk csak a Németország nagyvárosai és ipari központjai elleni éjszakai bombatámadásokra, amelyeket főleg a britek alkalmaztak a veszteségek csökkentése érdekében. [4] A csendes-óceáni hadszíntéren a japánok viszont, felismerve a gépesített erők és a tüzérség terén meglévő hátrányukat az amerikaiakkal szemben, valamint a közelharcban feltételezett fölényük miatt úgy értékelték

ték, hogy az éjszakai támadások nyerő taktikát jelentenének. Ezek a műveletek a háború elején sikeresek voltak, azonban végül az amerikai tűzerő felülkerekedett az általuk okozott kezdeti sokkon, és gyakran óriási japán veszteséghez vezetett. Ennek ellenére még a háború végén is gyakran folyomodtak hozzá. [2]

### A KÉPERŐSÍTŐ RENDSZERŰ ÉJJELLÁTÓK GENERÁCIÓI

A háborúban mind a szövetségesek, mind a tengelyhatalmak igyekeztek előnyre szert tenni az éjszakai hadműveletekben. Az éjjellátó technológia alapjait a magyar fizikus, Tihany Kálmán fektette le. 1929-ben, amikor a brit Légügyi Minisztériumnak dolgozott, feltalálta a légvédelmi célokra alkalmazott, infravörös fényre érzékeny televíziókamerát.

Először a németek érték el eredményeket az éjjellátó technológiában. Az éjjellátó berendezések nulladik generációjának (Generation 0 – GEN 0) legkorábbi változatai a Pz. V. Panther „Nachtjäger” harcocsira (vagyis a típus éjjellátóval ellátott verziójára) szerelt infravörös távcsöves távolságmérők és az StG 44 rohangpuskára integrált ZG 1229 „Vampir” céltávcsövek voltak, amelyet az 1930-as évek végén fejlesztettek ki. Ezek aktív infravörös technológiát alkalmaztak: egy infravörös fényforrás világította meg a célpontot, és egy fotokatóddal ellátott irányzék érzékelte a visszavert infravörös fényt. Bár nehézkes volt és korlátozott hatótávolsággal rendelkezett, a Vampir-rendszer jelentette az éjjellátó technológia első gyakorlati alkalmazását a hadviselésben. [5] Az Egyesült Államok a fenti, valamint az európai hadszíntér tapasztalatai alapján elkezdte fejleszteni éjjellátó képességeit. Az Egyesült Államok Hadserege (United States Army – U.S. Army) első éjjellátó készülékei az 1940-es években jelentek meg. A legelső ilyen eszköz a Sniperscope M1 névre keresztelt aktív infravörös céltávcső volt, amelyet 1944-ben bevetettek a csendes-óceáni hadszíntér szigetcsatáiban (például Okinaván). Az M2 továbbfejlesztett változatként 1945-ben került rendszerbe, azonban kevés, vagy egyáltalán semmilyen harci alkalmazást nem ért meg a második világháború során. Ezeket az éjszakai céltávcsöveket egy külön erre a célra tervezett, a .30 kaliberű M1-en alapuló T3 karabéllyal rendszeresítették. A T3 karabélyokra szerelt infravörös irányzékok mellett létezett egy kézi változat is, amelyet Snooperscope néven ismertek, és elsősorban megfigyelési célokra szántak. (A Sniperscope és Snooperscope eszközöket a katonák csak „Milly” és „Molly” beceneven emlegették.) Ezek a készülékek is, hasonlóan német ellenpárjukhoz, működés közben egy, a készlethez tartozó infravető reflektorral világították meg a terepet a megfelelő erősségű kép kialakításához. Az 1950-es évek legelején egy továbbfejlesztett infravörös éjjellátó irányzékot vezettek be, amelyet hivatalosan „U.S. Sniperscope, Infrared, Set No. 1, 20,000 volts” néven jelöltek (M3 típusként volt ismert). Az M3 infravörös irányzék a koreai háború során került hadrendbe, és korlátozott mértékben a vietnámi háború korai szakaszában is használatban maradt. [6]

A koreai háború tapasztalatai után az Egyesült Államok Hadserege célul tűzte ki az éjjeli hadviselés radikális fejlesztését. A kínai és észak-koreai erők rendszeresen éjszaka hajtottak végre beszivárgást, logisztikai műveleteket és

taktikai támadásokat. Az éjjeli kezdeményezés elvesztése frusztrálta az amerikai vezetést, így két korábbi II. világháborús ejtőernyős parancsnok – Matthew B. Ridgway és Maxwell D. Taylor tábornokok – irányításával külön programokat indítottak. A szárazföldi haderő tisztjeit ösztönözték, hogy önként jelentkezzenek az úgynevezett Ranger-képzésre, amely egy 60 napos kiképzési program volt, és csaknem 45 egymást követő éjszakai járőrözést tartalmazott különböző terepviszonyok között. A kiképzést teljesítő tisztek ezután nagy hangsúlyt fektettek az éjszakai harcászatra az általuk irányított egységekben.

Továbbá beindították az éjjellátó készülékek fejlesztését, úgymint infravörös irányzékok, hőképalkotó berendezések, illetve képerősítő (Image Intensification – I<sup>2</sup>) rendszerű éjjellátó eszközök. Ezenkívül felismerték, hogy a szemben álló fél is fejleszti éjjellátó eszközeit, és az aktív berendezések könnyű felderíthetősége jelentős harcászati kockázatot jelent. Ezért az amerikai fejlesztések főleg a passzív elektrooptikai érzékelők területén folytak. Ezek a programok az 1970-es évekbe értek be, és a folyamatos tesztelés és intenzív kiképzés hatására a létrejött eszközök egyre könnyebbé és megbízhatóbbá váltak. Az első generációs (Generation 1 – GEN I) passzív eszközöket a vietnámi háború idején vetette be az Egyesült Államok Hadserege; a korábbi aktív GEN 0 technológia továbbfejlesztett változatai voltak, infravörös fényforrás helyett a környezeti maradék fényt használták. Az S-20 fotokatód alkalmazásával képerősítő csövei körülbelül ezerszeres fényerősítést tettek lehetővé, azonban meglehetősen nagy méretűek voltak, és megfelelő működésükhöz holdfényre volt szükség. Ilyen eszköz volt az M16A1 gépkarabélyra szerelhető AN/PVS-2 Starlight (2. ábra) vagy a harcjárművezetők által használt PNV-57E eszköz. [2]

3. ÁBRA. Az AN/PVS-5A típusú éjjellátó szemüveg (a lencsevédők felhelyezett állapotában) [13]



4. ÁBRA. A GPNVG-18 szárazföldi panorámás éjjellátó szemüveg már alkalmas különleges műveleti feladatok végrehajtására is [14]



A technológia az 1980-as években továbbfejlődött, és elkészültek a második generációs eszközök (Generation 2 – GEN II), amelyekben továbbfejlesztett képerősítő csövet alkalmaztak. Az ebben használt mikrocsatornás erősítőlemez (micro-channel plate – MCP) és S-25 fotokatód sokkal világosabb képet biztosított. Ez megnövelt láthatóságot tett lehetővé alacsony környezeti fényviszonyok között, például holdfény nélküli éjszakákon. A fényerősítés mértéke körülbelül 20 000-szeres lett. Emellett javult a kép felbontása és az eszközök megbízhatósága is. Ezekre példa az AN/PVS-típuscsoport 3, 4 és 5-ös tagjai. Az amerikai éjjellátó eszközök történetében az igazi áttörést az 1989-es, Noriega tábornok eltávolítására Panamában indított *Just Cause* hadművelet jelentette. Az amerikai erők éjszaka, világítás nélkül hajtották végre a támadást, több mint 100 repülőgépet és 26 000 katonát bevetve. Ez volt a történelemben az első éles művelet, amelyben éjjellátó berendezéseket nagy tömegben használtak; a szárazföldi erők által legszélesebb körben alkalmazott eszköz az 1988-ban rendszeresített, harmadik generációs (Generation 3 – GEN III) egycsöves, binokuláris AN/PVS-7 éjjellátó szemüveg (Night Vision Goggle – NVG) volt. A légierő aegységeinél viszont használatban állt egy régebbi modell, az AN/PVS-5 (3. ábra) is. [7]

A GEN III éjjellátó rendszerek még mindig a GEN II MCP-t használják, azonban már gallium-arszenidből (GaAs) készült fotokatódot alkalmaznak, ami tovább javítja a kép felbontását. Emellett az MCP-t egy iongátló bevonattal vonják be, hogy növeljék a cső élettartamát. Azonban az iongátló réteg miatt kevesebb elektron képes áthaladni azon, ami csökkenti a GaAs fotokatódtól várt képjavulás mértékét. Az iongátló réteg következtében a fényes pontok vagy fényforrások körüli „haló” (fényudvar) jelenség is nagyobb. A fényerősítés is javult, körülbelül 30 000–50 000-szeres

értéket ér el. A GEN III csövek energiafogyasztása azonban magasabb, mint a GEN II változatoké. [5]

A képerősítő rendszerű éjjellátó berendezések érzékenyen reagálnak a hirtelen vagy erős fényhatásokra, amelyek csökkenthetik a képminőséget, károsíthatják a készüléket és akár elvakíthatják a felhasználót. A probléma feloldására fejlesztették ki az auto-gating (automatikus zárvezérlés) technológiát. Az eljárás lényege, hogy a fotokatód feszültségét rendkívül gyors ütemben (ezredmásodperces ciklusokban) automatikusan ki- és bekapcsolja, ezáltal csökkentve a rendszer túltelítődési hajlamát. Ennek következtében az auto-gating megakadályozza a kép minőségének romlását hirtelen fényhatások – például torkolattűz, villanások, városi fények – esetén, miközben védi a képerősítő csövet a túlterheléstől és megnöveli annak élettartamát. Az auto-gating nemcsak a rendszer teljesítményét optimalizálja, hanem minimalizálja az ideiglenes elvakulás veszélyét is. [5]

Jelenleg az Egyesült Államok Hadserege által használt NVG-k hivatalosan még mindig GEN III eszközök, mivel a legújabb típusok fejlesztéseit nem ismerik el újgenerációs lépésnek, és a gyártók, valamint a piac által gyakran használt GEN IV-es megnevezést sem engedélyezik. Persze ez nem azt jelenti, hogy ezek még mindig az 1980-as évek színvonalát képviselnék. Ellenkezőleg, a GEN-III OMNI-V–VII jelzésű készülékekbe épített alkatrészekhez kapcsolódó teljesítménynövekedés igen jelentős. Az ilyen eszközök két fontos szempontból is eltérhetnek a hagyományos GEN III készülékektől. Először is, egy automatikusan szabályozott tápellátó rendszer vezérli a fotokatód feszültségét, lehetővé téve az éjjellátó készülék számára, hogy azonnal alkalmazkodjon a változó fényviszonyokhoz. Másodszer, a hagyományos GEN III MCP iongátló rétegét eltávolították vagy jelentősen elvékonyították

ták, csökkentve ezzel a visszautasított elektronok számát. Ez kevesebb képzajt eredményez, és lehetővé teszi, hogy a készülék 2850 K színhőmérsékleten mindössze 700-as világot érzékenységgel működjön, szemben a GEN III képerősítőknél elvárt legalább 1800-as értékkel. A vékonyított vagy eltávolított iongátoló hátránya, hogy a képerősítő csövek élettartama elméletileg 20 000 üzemórától 15 000 órára csökken. Ez a csökkenés azonban nem jelentős, mivel a gyakorlatban maga az eszköz hamarabb cseréjére szorul, mintsem a cső elérné a 15 000 üzemórát. [5]

A GEN III készülékek fejlesztése nem állt meg a képerősítésnél, így az Egyesült Államok Légierője számára létrehozták a panorámás éjjellátó szemüveget (Panoramic Night Vision Goggles – PNVG), amely a felhasználó látómezejét a korábbi 40°-hoz képest horizontálisan 97°-ra növelte azáltal, hogy a szokásos két darab 18 mm-es képerősítő cső helyett négy darab 16 mm-es csövet alkalmaznak. Az első rendszeresített eszköz a „pilóta éjjellátó képalkotó eszköz” (Aviator’s Night Vision Imaging Device – ANVIS-10) nevet kapta; különböző típusú repülőgépek személyzei kapták meg. A tesztek és a használat során keletkezett tapasztalatok azt mutatták, hogy az eszköznek lenne létjogosultsága a szárazföldi felhasználás területén is. Azonban egy kísérlet megállapította, hogy a PNVG nem gyorsította a célpontok észlelését, viszont növelte az észlelt célpontok számát, különösen közelharc távolságban. Ennek eredményeként a 2000-es évek elején az amerikai különleges erők elkezdtek használni az ANVIS-10-et, annak ellenére, hogy azt eredetileg nem szárazföldi műveletekhez tervezték. Az igényeik alapján az L3Harris vállalat kifejlesztette, majd a 2010-es évek elején rendszeresítették is a GPNVG-18-ast (Ground Panoramic Night Vision Goggle – szárazföldi panorámás éjjellátó szemüveg), amely robusztus kialakításával már alkalmas volt különleges műveleti feladatok végrehajtására. A készülék négy darab 18 mm-es MX-10160 típusú képerősítő csövet használ, amelyek 97°-os panorámás látómezőt biztosítanak, jelentősen javítva a térbeli tájékozódást és a perifériás látást. A GPNVG-18 (4. ábra) valószínűleg első harci alkalmazása a 2011-es *Neptune Spear* hadművelet során történt, amikor is különösen ismertté vált, mivel ekkor likvidálták Oszama bin Ladent. Az eszköz megnövelt látómezője miatt kiválóan teljesít az épületeken belül vívott harcban, viszont ez az előnye nem érvényesül minden harci környezetben (a szerző megjegyzése: például füsttel, porral vagy köddel szennyezett terepen). [8]

A fenti problémára nyújt megoldást a 2018-ban rendszeresített ENVG III (Enhanced Night Vision Goggle III – továbbfejlesztett éjjellátó szemüveg III), hivatalos nevén AN/PSQ-20B éjjellátó eszköz, amelyet az Egyesült Államok hadserege fejlesztett ki a gyalogos katonák harctéri képességeinek javítására. A készülék integrálja a hagyományos éjjellátó technológiát és a hőképkalkotást, lehetővé téve a katonák számára, hogy különböző környezeti feltételek között is hatékonyan észleljék és azonosítsák a célpontokat. A BAE Systems és a DRS Technologies által gyártott éjjellátó a vezeték nélkül csatlakoztatott FWS-I (Family of Weapon Sights – Individual: egyéni fegyverirányzék-család) fegyverre szerelhető hőképkalkotó irány-



zékkel képes a gyors célazonosítás és -leküzdés funkcióra (Rapid Target Acquisition – RTA). Ez lehetővé teszi, hogy a fegyver irányzékának képe, beleértve a célkeresztet is, megjelenjen a sisakra szerelt szemüveg kijelzőjén, így a katonának anélkül célozhat és löhet, hogy közvetlenül a fegyver irányzékába nézne, akár fedezék mögül is. Az ENVG III többféle megjelenítési móddal rendelkezik. Éjjellátó módban csak a képerősítő által nyújtott kép jelenik meg, míg hőkamera módban csak a hőképkalkotó szenzor képe.

5. ÁBRA. AN/PSQ-42 (ENVG-B) fúziós éjjellátó szemüveget viselő amerikai katona (Forrás: Wikipedia)

A kombinált módban a két képet egyesítik, lehetővé téve a részletesebb észlelést. Kép-a-képben módban a hőkép egy kisebb ablakban jelenik meg az éjjellátó látómezőjének sarkában. [9]

Az ENVG III továbbfejlesztéseként született meg az EN-VG-B (Enhanced Night Vision Goggle-Binocular – továbbfejlesztett binokuláris éjjellátó szemüveg), vagy rendszeresítési nevén AN/PSQ-42 (5. ábra), amely egy GEN III, binokuláris éjjellátó eszköz, amelyet az amerikai hadsereg számára fejlesztett ki az L3Harris és az Elbit Systems of America. Ez kombinálja a hagyományos fémfoszforos I<sup>2</sup> képerősítést a hőképkalkotással és a kiterjesztett valóság (Augmented Reality – AR) funkciókkal. Az eszköz fúziós módja mellett integrálható a Nett Warrior rendszerrel, lehetővé téve valós idejű térképek és iránytű megjelenítését a látómezőben. Kiemelkedő előnyei közé tartozik az RTA-funkció, az ergonomikus kialakítás, valamint a fegyver célkeresztjének megjelenítése a látómezőben, ami biztonságosabb célzást tesz lehetővé. Az ENVG-B-t 2019-től kezdve rendszeresítették az amerikai hadsereg több egységénél, és 2025-től az ukrán különleges erők is használják. [10]

A Szovjetunióban az éjjellátó berendezések fejlesztése során egy másik megközelítést alkalmaztak. Az 1960-as évektől rendszeresített eszközöknél főleg a képerősítéssel rendelkező éjszakai fegyverirányzékok domináltak. Az eszközöket 1PNxx jelöléssel látták el, ahol az 1PN a GRAU index éjjellátó eszközökre vonatkozó jelzése. A PN a Pricel Nocsnoj (éjszakai irányzék) rövidítése, az xx pedig a modellszám. Az azonos időszakban bevezetett különböző modellek ugyanazt az akkumulátortípust és rögzítőmechanizmust használják a fegyverhez való csatlakozáshoz. Az olyan modellek, amelyek több különböző típusú fegyverre is felszerelhetők, minden fegyvertípusnak megfelelő távolságállító skálával rendelkeznek. A támogatott fegyverek közé tartoznak az AK-család tagjai, mesterlövészpuskák, könnyű géppuskák és kézi gránátvetők. Ezek

az éjszakai irányzékok nemcsak a Szovjetunióban voltak használatban, hanem rendszeresítették a Varsói Szerződés több tagországában, többek között Magyarországon is. Ilyen volt például az NSZPU (1PN34) gépkarabélyra rögzíthető vagy a NSZPUM (1PN58) SZVD Dragunov távcsöves puskához rendszeresített passzív rendszerű éjszakai irányzék. [5] A fegyverre rögzíthető eszközökön kívül történtek fejlesztések a sisakra szerelhető éjjellátók területén is. Ilyenek voltak a PNV-57 éjjellátócsalád különböző változatai, amelyek vagy GEN 0-nak, vagy GEN I-nek megfelelő képességű képerősítő csövet használtak. Külső tápegységet alkalmaztak, amelyet kábel kötött össze az éjjellátóval. Eredetileg ezeket az eszközöket páncélos fejevédőhöz rögzítették, a tápegységet pedig annak hátulján viselték. [11] Az orosz fegyveres erőkben, a közelmúltban különös figyelmet fordítottak a különleges erők fejlesztésére, és számukra új kompakt éjjellátó készülékeket is készítenek. 2009 óta a csapatok korlátozott mennyiségben kaptak hazai gyártmányú sisakra szerelhető PNV-10T Alpha-1032 éjjellátó szemüveget és gépkarabélyhoz vagy mesterlövész puskához rögzíthető Alpha-1962 univerzális éjszakai irányzékot. 2016-ban az orosz média bejelentette a hazai GEN IV éjjellátó eszközök gyártásának megkezdését. Ugyanakkor az orosz éjjellátó eszközök külföldi modellekkel való tényleges megfelelése rendkívül kétséges. Ráadásul az orosz gyártók viszonylag fejlett felszereléseik gyakran nem jutnak el a hadsereghez, sőt a Ratnyik (harcos) katonai modernizációs programból („digitális katona”) hiányoznak a modern éjjellátó eszközök. A készletben található egyetlen készülék, amely lehetővé teszi a katona számára a sötétben való látást, a Sahin hőkamerás irányzék, amelyet a moszkvai Ciklon Központi Tudományos Kutatóintézet (a Roszelektronika holding része) fejlesztett ki. Az ENVG-hez hasonlóan egy sisakmonitorhoz csatlakozik, és lehetővé teszi a célpont képének megjelenítését a képernyőn. [12] ■

(Folytatjuk)

## HIVATKOZÁSOK

- [1] Thuküdidész: A peloponnészoszi háború. Osiris Kiadó, Budapest, 1999, 237.
- [2] Tashji, David: A Dark History of Nocturnal Combat. [pwkinternational.com](https://pwkinternational.com/2022/11/10/ill-be-seeing-you-part-1/), 2022.11.10. <https://pwkinternational.com/2022/11/10/ill-be-seeing-you-part-1/> (Letöltve: 2025.04.17.)
- [3] Jasztrab Péter János – Istók Róbert: A világitás katonai vonatkozásai. Hadmérnök, 2021/1, 5–22. <https://doi.org/10.32567/hm.2021.1.1>
- [4] Németország bombázása, 1943. [vilagaborufegyverei.blog.hu](https://vilagaborufegyverei.blog.hu/2019/08/04/nemetorszag_bombazasa_1943), 2019.08.04. [https://vilagaborufegyverei.blog.hu/2019/08/04/nemetorszag\\_bombazasa\\_1943](https://vilagaborufegyverei.blog.hu/2019/08/04/nemetorszag_bombazasa_1943) (Letöltve: 2025.04.18.)
- [5] Night Vision Device. E Scholarly Community Encyclopedia, <https://encyclopedia.pub/entry/29146> (Letöltve: 2025.04.25.)
- [6] The T3 Carbine: First NVG-Equipped Fighting Rifle. [https://www.americanrifeman.org/content/the-t3-carbine-first-nvg-equipped-fighting-rifle?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.americanrifeman.org/content/the-t3-carbine-first-nvg-equipped-fighting-rifle?utm_source=chatgpt.com), (Letöltve: 2025.07.02.)
- [7] Smith, Douglas I. – Grayson, Eugene H.: Army aviation in Operation Just Cause. U.S. Army War College, Carlisle Barracks, Pennsylvania, 1992.04.15. <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA251409.pdf> (Letöltve: 2025.04.20.)
- [8] GPNVG-18. Night Vision Wiki, 2025.01.06. [https://www.nv-intl.com/wiki/index.php/GPNVG-18#cite\\_note-18](https://www.nv-intl.com/wiki/index.php/GPNVG-18#cite_note-18) (Letöltve: 2025.05.01.)
- [9] Clark, James: I'm Pretty Sure The Army's New Night-Vision Technology Is Black Magic. Task & Purpose, 2020.12.10. [https://taskandpurpose.com/news/armys-new-thermal-sights-nvgs/?utm\\_source=chatgpt.com](https://taskandpurpose.com/news/armys-new-thermal-sights-nvgs/?utm_source=chatgpt.com) (Letöltve: 2025.05.06.)
- [10] Freedberg, Sydney J. Jr.: Grunts to get high-tech targeting goggles in 2019. Breaking Defense, 2018.10.25. <https://breakingdefense.com/2018/10/grunts-to-get-high-tech-targeting-goggles-in-2019> (Letöltve: 2025.05.08.)
- [11] PNV-57. Night Vision Wiki, 2025.01.11. <https://www.nv-intl.com/wiki/index.php/PNV-57> (Letöltve: 2025.05.05.)
- [12] Как видят в темноте спецназовцы России и США 2019. 02.16. [armiya.az](https://armiya.az) <https://armiya.az/ru/news/142857> (Letöltve: 2025.05.05.)
- [13] A kép forrása: <https://man.fas.org/dod-101/sys/land/an-pvs-5-dvic576.jpg> (Letöltve: 2025.05.05.)
- [14] A kép forrása: <https://militarnyi.com/en/news/us-night-vision-technology-for-ukrainian-sof-2/> (Letöltve: 2025.05.05.)



LUCZ ZSOLT\*

# JÁTÉK VAGY KULCS AZ INNOVÁCIÓHOZ?

## A DIGITAL COMBAT SIMULATOR

**Összefoglalás:** Az elmúlt években a repülésoktatásban egyre jelentősebb szerepet tölt be a fejlett szimulációs technológiák alkalmazása, amelyek nemcsak a költséghatékonyság növeléséhez, hanem a repülésbiztonság fokozásához is hozzájárultak. Az olyan széles körben hozzáférhető szimulátorszoftverek, mint a Digital Combat Simulator (DCS), új lehetőségeket nyitnak meg a pilótaképzés területén. Jelen cikk azt vizsgálja, hogy a DCS miként támogatja a helikoptervezető hallgatók készségfejlesztését és felkészítését, milyen tapasztalatok gyűltek össze az elmúlt évek kísérletei alkalmazásai során, valamint milyen mértékben járulhat hozzá a gamifikációra épülő, otthoni környezetben végzett gyakorlás a képzés hatékonyságának növeléséhez és a repülésbiztonság fenntartásához.

**Kulcsszavak:** helikopter, szimulátor, gamifikáció, Digital Combat Simulator, költséghatékonyság, repülésbiztonság, humán erőforrás-menedzsment

**Abstract:** In the last couple of years flight training draws more and more of the modern simulation technologies, which may decrease costs and improve flight safety. A wide range of simulator software, such as Digital Combat simulator (DCS), offers new prospects in pilot training. This article highlights the ways DCS might be applied in order to assist in skills development and preparation, plus to what extent home training (i. e. training with games) can increase the efficiency of the training and maintain flight safety.

**Keywords:** helicopter, simulator, gamification, Digital Combat Simulator, cost-effectiveness, flight safety, human resource management

### BEVEZETÉS

Napjainkban, amikor egyre hangsúlyosabbak a különböző innovatív megoldások, döntő jelentőséggel bírhat egy-egy olyan megoldás, amely alapvetően más szemszögből közelíti meg a megoldandó feladatot. A repülés világában is a kiképzés az egyik alapkő, ahol korszerű technológiák alkalmazásával jelentős költségcsökkentés érhető el anélkül, hogy növelnénk a hajózók repülésbiztonsági kitettségét. Azonban nemcsak csúcstechnológiás és drága rendszerekkel érhetünk el jelentős javulást, hanem olyan eszközök segítségével is, melyek akár a hétköznapi életben is bárki számára beszerezhetőek.

### A KEZDETEK

Amikor 2018-ban, közel két évtizedes szünetet követően, a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen újraindult a hajózónövendékek képzése, nem csupán egy korábbi oktatási program helyreállítása történt meg, hanem egy új képzési folyamat alapjainak lerakása is megvalósult. [1] Ez a folyamat lehetőséget teremt olyan innovatív elképzelések és megoldások bevezetésére, melyek jelentős hatást gyakorolnak a jövőbeli hajózóképzésre. Bár a jelenlegi kiképzési rendszerek is széles körben alkalmazzák a modern technológiákat, természetes, hogy időnként újszerű megoldások kerüljenek előtérbe. Az innováció nem kizárólag új, korszerű berendezések rendszerbe állítását vagy teljesen új struktúrák létrehozását jelenti, hanem egy meglévő rendszer felülvizsgálatát és továbbfejlesztését is, ami a képzés hatékonyságának növelését eredményezi. Amennyiben ezzel egyidejűleg a költséghatékonyság és a repülésbiztonság fokozása is elérhető, az növeli az innováció jelentőségét.

1. ÁBRA. Mi-8MTV2 leszállás közben  
(Forrás: A szerző felvétele, Eagle Dynamics DCS World)

\* Főhadnagy,  
MH Kiss József 86.  
Helikopterandár,  
helikopter oktató tisztt,  
doktorandusz.  
ORCID:  
0009-0002-9801-8681





2. ÁBRA.  
Mi-24P Hind [2]

A jelenlegi képzési rendszerben a hallgatók a tanulmányaik harmadik évétől kezdik meg gyakorlati repülőképzésüket Z-242L és Z-143LSi típusú merevszárnyas repülőgépeken. Ezt követően azok a hallgatók, akik sikeresen teljesítik a merev szárnyú képzési fázis követelményeit és a forgószárnyas szakirányt választják, helikoptertípusra térnek át. A forgószárnyas képzés földi felkészítési szakasza két hétig tart, azonban az elmúlt évek kutatásai és technológiai fejlesztései alapján ez az időszak három hétre bővül, tekintettel a szimulátorok egyre hangsúlyosabb szerepére. E tényező miatt elengedhetetlen a szimulációs technológiák integrálása a képzési folyamatba.

A néhány éve rendszerbe állított és akkreditált Mi-17 FTD (Flight Training Device – repülőképző eszköz) a jelenleg egyedüli szimulátor, amelyet a kiképzési folyamatban

alkalmaznak. Felmerülhet azonban a kérdés, hogy milyen hatékonyság érhető el egy olyan szimulátor használatával, mely nem típusazonos a később repült helikopterrel. Bár a válasz esetenként ellentmondásos lehet, az elmúlt évek kísérletei igazolták, hogy a kezdeti fázisban – amikor a hallgatók még nem rendelkeznek előzetes tapasztalattal – jelentős készségfejlesztés érhető el, függetlenül a típusazonosság hiányától. E megközelítés mentén vizsgálat indult olyan alternatív megoldások feltérképezésére, amelyek egyszerűbb kivitelezéssel, ugyanakkor jelentős költséghatékonyságot biztosítva támogatják a kiképzést, különösen a helikoptervezetéshez szükséges alapkompenciák kialakulását. Mindazonáltal kiemelendő, hogy függetlenül az alkalmazott kiképzési rendszertől, szimulátortól vagy eszköztől, a repülésbiztonsági kockázatok csökkentése és kezelése a legfontosabb prioritás.

A repülési szabályok túlnyomó része súlyos balesetek tapasztalataiból született, ezért egyetlen költséghatékony megoldás sem alkalmazható, ha az a repülésbiztonsági kockázatok növekedésével jár. A gyakorlati repülőképzés megkezdése kizárólag akkor indokolt és engedélyezett, ha az oktatók a hallgatókat megfelelően felkészültnek és alkalmasnak ítélik erre. E felkészítési folyamat támogatására szolgálhat az alább bemutatott koncepció.

### A DIGITAL COMBAT SIMULATOR MINT KÉPZÉST TÁMOGATÓ ALTERNATÍV SZIMULÁTOR

Mielőtt ismertetném az eddig vizsgált lehetőséget, amely hozzájárulhat egy hatékonyabb oktatási rendszer kialakításához, hangsúlyozni kell, hogy e kutatások több év tapasztalatain alapulnak, és céljuk egy biztonságos, ugyanakkor költséghatékony képzési struktúra kidolgozása. A repülésbiztonság maximalizálása érdekében a szimulátorok alkalmazása bizonyul a leghatékonyabb módszernek. Azonban a hallgatói létszám növekedése miatt korlátozott az akkreditált FTD-k használatára fordítható idő, így olyan alternatív megoldásra van szükség, amely

#### A DCS főbb jellemzői

- **Valóságosság:** A DCS kiemelkedő jellemzője a magas szintű szimulációs pontosság. Számos repülőgép „teljes részletességű” (full fidelity) modellezéssel rendelkezik, ami azt jelenti, hogy a pilótafülke minden kezelőszerve, rendszere és eljárása a valóságnak megfelelően működik.
- **Repülőgépek és helikopterek:** A DCS alapverziója (DCS World) ingyenesen hozzáférhető, és tartalmaz néhány alapvető repülőgépet, például a Szu-25T és a TF-51D típusokat. Ezen kívül számos fizetős modul érhető el, köztük olyan típusok, mint az F/A-18C Hornet, az A-10C Warthog, az F-16C Viper, a Mi-24P Hind, a Mi-8MTV2 Hip E vagy a Ka-50 Black Shark.
- **Harci környezetek:** A szimulátorhoz különféle „hadszínterek” (theaters) vásárolhatók, amelyek földrajzilag részletesen kidolgozott környezeteket kínálnak, például a Perzsa-öböl, Szíria, a dél-atlanti térség vagy Afganisztán területét.
- **Szimulációs mélység:** A DCS nemcsak a repülési manővereket, hanem a navigációt, a fegyverrendszerek kezelését, az elektronikai hadviselést (elektromágneses kompatibilitás, radarok) és a repülés előtti ellenőrzési eljárásokat is modellezi. Ez a komplexitás jelentős kihívást jelent, ugyanakkor kiemelkedően valóságghú élményt biztosít.
- **Többjátékos mód:** A DCS lehetőséget biztosít online, többjátékos környezetben történő közös repülésre és harcászati eljárások végrehajtására. Számos szimulált hadjárat, dedikált szerver és közösség áll rendelkezésre, ahol a felhasználók együtt hajtanak végre bevetéseket.
- **Módosíthatóság (moddolhatóság):** A szimulátor támogatja a közösségi modifikációk és külső fejlesztők által készített tartalmak integrálását, lehetővé téve új repülőgépek, hangok, külső megjelenések (skinek) vagy egyedi rendszerek beépítését is.

széles körben, korlátlanul hozzáférhető. Ez a megközelítés nemcsak megkönnyíti a felkészülést, hanem a humán erőforrás-gazdálkodás szempontjából is támogatja a rendszert, mivel csökkenti a nagy létszámú, egyidejű oktatáshoz szükséges oktatói létszámot, lehetővé teszi az egyéni időbeosztás alkalmazását, illetve jelentősen mérsékli a költségeket.

### A SZOFTVERRŐL ÁLTALÁNOSSÁGBAN

Laikus szemmel az otthoni repülőgép-szimulátorok nem feltétlenül tűnnek alkalmasnak a valós repülőképzés előkészítéséhez. Mindazonáltal, ha ezeket a szimulátorokat a képzési folyamat megfelelő szakaszában és jó időzítéssel integráljuk, jelentős idő-, energia- és költségmegtakarítás érhető el. A *Digital Combat Simulator (DCS)*, amelyet az Eagle Dynamics fejlesztett, egy rendkívül valóság-hű harcirepülőgép-szimulátor. [2] A szoftver célja, hogy a lehető legpontosabban modellezze a katonai repülőgépek és haditechnikai eszközök működését, így vonzó eszköz a repülésrajongók, pilóták és a katonai szimulációk iránt érdeklődők számára egyaránt (1-2. ábra). Oktatásmódszertani szempontból a *DCS* teljes mértékben kiaknázza a gamifikáció nyújtotta lehetőségeket. A gamifikáció olyan játékméchanizmusok és -elemek alkalmazását jelenti nem játékos környezetben – például oktatási, munkahelyi vagy a kiképzési kontextusban –, amelyek célja a motiváció, az elkötelezettség és a teljesítmény növelése költséghatékony és biztonságos módon. E megközelítés a játékok élményszerűségét kihasználva hatékonyabbá és vonzóbbá teszi a különböző tevékenységeket. [3][4][5][6]

A *DCS* elsősorban azokat célozza meg, akik élénken érdeklődnek a katonai repülés és a technikai részletek iránt. A tanulási görbéje meredek, mivel a szoftver használata jelentős előzetes tudást és gyakorlást igényel, ugyanakkor kiemelkedően hiteles és részletes szimulációs élményt nyújt. Az alapvető műveletek – például a gépindítás, a felszállás, a függés stb. – is több összetett folyamatból állnak, amelyek elsajátítása már a használat kezdeti szakaszában elengedhetetlen. Bár a szimulátort elsősorban a civil szférában alkalmazzák, bizonyos esetekben katonai kiképzési célokra is használják, például az Egyesült Államokban az A-10 Warthog pilótáinak képzésében. [7]

A szoftver alapverziója ingyenesen elérhető, azonban a további modulok – például egyes repülőgépek, helikopterek, térképek vagy csomagok (játékélményt fokozó kiegészítők) – esetében vásárlás szükséges, és ezek ára néhány dollártól több száz dollárig terjedhet. A szoftver fejlesztői kizárólagos felhasználási jogokkal rendelkeznek és egyértelműen rögzítik, hogy a *DCS* katonai kiképzési célokra való alkalmazása szigorúan tilos (kivéve, ha külön szerződést kötnek ilyesféle alkalmazásra, lásd az előző bekezdést). E korlát figyelembevételével a készségfejlesztés kizárólag önképzés keretében, saját idő ráfordításával lehetséges, hivatalos, katonai célú felhasználási engedély hiányában.

### A DCS RENDSZERKÖVETELMÉNYEI

A *Digital Combat Simulator* erőforrás-igényes szimulátor, amely jelentős számítási teljesítményt igényel a részletes

grafikai megjelenítés és a valóság-hű digitális modellezés biztosításához. Ez utóbbi a repülőgépek és egyéb objektumok mozgásának, ütközéseinek és viselkedésének a valóságos fizikai törvényszerűségeknek megfelelő pontos szimulációját jelenti. Az alábbiakban a *DCS* 2.9 verziójának hivatalos minimális és ajánlott (optimális) rendszerkövetelményei találhatók. [8]

#### Minimális rendszerkövetelmények

A *Digital Combat Simulator (DCS)* minimális rendszerkövetelményei lehetővé teszik a szoftver futtatását, de nagyobb műveletek esetén a teljesítmény nem optimális:

- **Operációs rendszer:** Windows 10 (64-bit)
- **Processzor:** Intel Core i3 @ 2.8 GHz vagy AMD FX (minimum 4 mag)
- **Memória (RAM):** 16 GB
- **Videokártya:** Dedikált NVIDIA vagy AMD kártya, legalább 6 GB VRAM-mal
- **DirectX:** DirectX 11
- **Tárhely:** Minimum 200 GB szabad hely (a moduloktól és térképektől függően több is lehet)
- **Hangkártya:** DirectX-kompatibilis hangkártya.

#### Ajánlott (optimális) rendszerkövetelmények

A *Digital Combat Simulator (DCS)* magas grafikai beállítások mellett történő stabil teljesítményéhez az alábbi ajánlott rendszerkövetelmények szükségesek:

- **Operációs rendszer:** Windows 10 vagy 11 (64-bit)
- **Processzor:** Intel Core i5 vagy újabb, 3 GHz feletti órajellel, vagy AMD Ryzen/FX (8 mag ajánlott)
- **Memória (RAM):** Minimum 32 GB
- **Videokártya:** Dedikált NVIDIA vagy AMD grafikus kártya legalább 16 GB VRAM-mal
- **Tárhely:** SSD, minimum 500 GB szabad hellyel (az SSD jelentősen csökkenti a töltési időket)
- **VR használatához:** NVIDIA RTX 3080 vagy erősebb grafikus kártya ajánlott a zökkenőmentes élmény érdekében.

#### További hardverajánlások

- **SSD-tároló:** Erősen ajánlott, mivel a hagyományos HDD-k jelentősen meghosszabbíthatják a töltési időket.
- **Virtuális valóság (VR):** A VR-eszközök (pl. Meta Quest, HP Reverb, Valve Index) használata jelentősen megnöveli az erőforrásigényt; ebben az esetben minimum 32 GB RAM és RTX 3080 szintű grafikus kártya szükséges az optimális élményhez.
- **Perifériák:** A (Hands On Throttle and Stick – HOTAS) gázkarbotkormány-kombináció, pedálok, valamint fejmozgáskövető rendszerek (pl. TrackIR vagy VR) használata jelentősen javítja a kezelhetőséget és a felhasználói élményt.

### A KÍSÉRLET EREDMÉNYEI: GYAKORLATI TAPASZTALATOK

A kísérlet megkezdése előtt a háromfős tesztcsoport – amelynek a szerző is tagja volt – előzetesen kipróbálta a DCS-szoftvert. A megvásárolható modulok közül a Mi-8MTV2 helikopter fülkeelrendezése és repüléstechnikai jellemzői jelentős mértékben megegyeztek a már beszerzett Mi-17FTD szimulátorával. Internetes oktatóvideók és a rendelkezésre álló ellenőrzőlisták segítségével elsajátítható volt a helikopter beindítása, üzemeltetése és leállítása. A kísérlethez egy nagyteljesítményű számítógépet és egy Thrustmaster T16000M kontrollercsomagot szerezünk be. Bár ez utóbbi nem azonos a valós helikopter kormányserveivel, ár-érték arányban megfelelő szintű irányíthatóságot biztosított az alapvető műveletekhez.

Az önképzést a földi felkészítés előtti hónapokban végeztük, amely alatt közel 40-50 órát fordítottunk a szimulátor használatára. Fokozatosan haladtunk előre, különös figyelmet fordítva a csapatmunkára, ami a fokozatos fejlődés mellett a kollektív csapatszellemet is erősítette. Amikor a csapat bármely tagja jelentős előrelépést ért el – ráértett bizonyos tényezőkre, amelyek támogatták a feladat sikeres végrehajtását –, azonnal megosztotta a többiekkel, ezzel felgyorsítva a tanulási folyamatot. A szimulátor használatával töltött idő alatt különböző feladatokat határoztunk meg:

- stabil felszállás, amely során kerülni kellett az oldalirányú borulást, az elcsúszást és a nagymértékű elmozdulást;
- függés a felszállási pont felett, ahol legfeljebb egy méteres elmozdulás volt elfogadható bármely irányban;
- különböző bedöntésű fordulók végrehajtása minél kisebb magasságbeli pontatlansággal (+/- 100 láb)
- stabil leszállás különböző platformokra;
- szárazföldi heliport;

- álló repülőgéphordozó;
- mozgó repülőgéphordozó (30 csomós előrehaladó sebességgel)
- mozgó rombolóhajó/hadihajó (30 csomós előrehaladó sebességgel)
- mozgó tartályhajó (30 csomós előrehaladó sebességgel)
- harcászati feladatok;
- kötelékrepülés.

A Mi-17FTD szimulátor alkalmazása nem volt a korábbi kiképzési rendszer része, mivel annak beszerzése csak később valósult meg. Az otthoni szimulátor kipróbálása és használata részben azt a célt szolgálta, hogy az új akkreditált szimulátor kezelését is nagyobb biztonsággal sajátítsuk el. Ennek eredményeként a képzés kezdetétől fogva magabiztosan mozogtunk a fülkében, ismertük a kezelőszervek és kapcsolók helyzetét, emellett a helikopteres repülés alapvető sajátosságait. A Mi-17FTD szimulátorban fejenként 10 órát töltöttünk el célzott repülési gyakorlatokkal, amely során a feladatok fokozatosan nehezedtek. A stabil repülés elsajátítása – beleértve a függést, a légtér és az iskolakör feladatokat – körülbelül 1 óra gyakorlást igényelt. Az idő fennmaradó részében a repülési technika finomítására koncentráltunk, amelyben jelentős szerepet játszott az előzetes otthoni gyakorlás.

A valós kiképzési repülés megkezdésekor – 40-50 óra otthoni és 10 óra akkreditált szimulátorban eltöltött idő után – az első függési feladatot már önállóan hajtottuk végre, továbbá képesek voltunk biztonságosan fel- és leszállni. Ez jelentős előrelépésnek számított, mivel az oktatók korábbi tapasztalatai szerint az ilyen szintű készségek eléréséhez átlagosan 3-5 óra kiképzési repülésre volt szükség.

3. ÁBRA. Mozgó rombolóra történő leszállás a DCS World szimulátorban  
(Forrás: A szerző felvétele, Eagle Dynamics DCS World)





1. TÁBLÁZAT. Feladatok megfelelő szintjének elérése a különböző platformok alkalmazásával (Forrás: A szerző szerkesztése saját tapasztalatai alapján)

Feladatok	Szimulátoridő					
	DCS használata nélkül			DCS használatával		
	Mi-17 FTD		AS-350B	M-17 FTD		AS-350B
	Robotpilótával	Robotpilóta nélkül		Robotpilótával	Robotpilóta nélkül	
függés	~3-4 óra	-	~4-5 óra	<0,5 óra	~1-2 óra	~1-2 óra
iskolakör	-	-	~4-6 óra	~1 óra	~2-3 óra	~2-3 óra
légtér	-	-	~6+ óra	~1-1,5 óra	~2-3 óra	~4+ óra

4. ÁBRA. Mozgó tartályhajóra történő leszállás a DCS World szimulátorban (Forrás: A szerző felvétele, Eagle Dynamics DCS World)

Az 1. táblázat bemutatja, hogy az eddigi évek során gyűjtött tapasztalatok és hallgatói kísérletek alapján milyen óraszámokban voltak teljesíthetők a különböző repülési feladatok. Bár időnként előfordultak kivételes képességekkel rendelkező növendékek, akik szimulátorok használata nélkül is képesek voltak biztonságosan repülni a valós helikoptertípuson, ez rendkívül ritka.

### HALLGATÓI KÍSÉRLETEK ÉS AZ ÚJ KIKÉPZÉSI STRUKTÚRA

A jelentős készségfejlődés megfigyelését és az alternatív szimulátorokban rejlő lehetőségek felismerését követően az elkövetkező években egy új kiképzési struktúra megvalósításán kezdtem dolgozni. Ez a rendszer, megtartva a jelenlegi kiképzési folyamat bevált elemeit, integrálja az új szemléletet. Az őszi szemeszterekben érkező hallgatók számára fakultatív lehetőségként felajánlottuk, hogy szabadidejükben megkezdhetik a gyakorlást a *Digital Combat Simulator* szoftverrel, még az AS-350B helikopter földi felkészítésének megkezdése előtt. E célból egy oktatópályát

dolgoztam ki, amely lehetővé tette a korábban említett feladatok gyakorlását. A hallgatók számára nyújtott előny, hogy nem kizárólag önállóan kellett elsajátítaniuk a helikopteres repülés sajátosságait, hanem az oktatói gárda elméleti támogatásával célzott segítséget kaptak. Ez jelentősen csökkentette az alapvető képességek és készségek elsajátításához szükséges óraszámot.

A hallgatói létszám növekedése és a Mi-17 FTD szimulátor leterheltsége – például jártassághosszabbítások, külföldi képzések miatt – az elmúlt három évben személyenként 3-4 óra szimulátoridőre korlátozta a földi felkészítést. A tanulócsoporthoz legfeljebb 50%-a vett részt az előzetes, otthoni DCS-alapú önképzési programban. Az eredmények azonban kiemelkedőek voltak. Azon hallgatók, akik önképzés keretében sajátították el az alapvető készségeket, a rendelkezésre álló 3 óra FTD-idő alatt gyorsabban haladtak előre a feladatokban, így komplexebb repülési manővereket is megismerhettek. A valós repülések során ezek a hallgatók már az első repüléstől kezdve stabilan és önállóan, biztonságosan kezelték a helikoptert, hasonlóan

a korábbi kísérleti esethez. Ezzel szemben a csoport többi tagja az első valós repülések alkalmával kizárólag csak függési feladatokat végzett, és az önálló leszállás még nem bizonyult biztonságosnak.

Az ismertetett új szemléletmód és módszertan jelentősen csökkentette a repülésfelkészítéssel járó költségeket, amelyek a kiképzés közvetlen költségein túl magukba foglalják többek között a kiszolgáló személyzet bérét, a tüzelőanyag, a légijárművek karbantartása, illetve a támogató infrastruktúrák költségeit is. Jelen esetben egy könnyű, többcélú helikopterről van szó, melynek üzemeltetési költsége óránként több millió forintot is elérhet, így a kiképzést támogató alternatív megoldások alkalmazása kiemelt jelentőséggel bír.

Az eddigi tapasztalatok alapján, éves szinten 5-10 helikopteres szakirányra specializálódott hallgató képzése kezdődött meg. Amennyiben a tendencia nem változik, és a jövőbeni kísérletek is azt igazolják, hogy az otthoni szoftver az akkreditált szimulátorral kiegészítve jelentősen képes támogatni a kiképzést, akkor személyenként átlagosan 3-4 óra megtakarítható a képzés kezdeti szakaszában. A hallgatói létszámot (5-9 fő) és az egy repült órára eső költségeket (1-1,5 millió forint) figyelembe véve ez 15-54 millió forint költségmegtakarítást eredményezhet. Ezen túlmenően a földi felkészítés után, vagy akár azzal egyidőben további feladatok és eljárások elsajátítását teszi lehetővé. Ilyen eljárások közé tartozik a rádióforgalmazás rendjének gyakorlása, a kötelékrepülés alapjainak elsajátítása, kutató-mentő feladatok végrehajtása, valamint a földi egységek kísérése. Ezek a készségek olyan tudással ruházzák fel a növendékeket, amit az alapkiképzés befejezése után azonnal alkalmazhatnak.

A mai fiatal generáció szabadideje jelentős részét számítógépes játékokkal tölti, melyek fontos szerepet játszanak a kikapcsolódásukban. Amennyiben ezt a tevékenységet oktatási célra tudjuk fordítani, jelentős előrelépés érhető el egy új, innovatív kiképzési struktúra kialakításában.

## ÖSSZEGRZÉS

Összefoglalva, a nagy számú, modern helikopterek beszerzésével párhuzamosan jelentősen nőtt a hallgatói létszámgény is. A jelenlegi kiképzési rendszer – amely egy akkreditált szimulátorra támaszkodik – nem minden esetben képes lépést tartani a növekedéssel, ezért elengedhetetlen az alternatív megoldások kidolgozása. Ezek biztonságos és

ellenőrzött gyakorlási környezetet nyújtanak a hallgatók számára. Figyelembe véve az oktatói kapacitások leterheltségét és a kiképzés intenzív tempóját, releváns lehet olyan eszközök alkalmazása, melyeket a hallgatók önállóan is biztonságosan használhatnak. A további lehetőségek közé tartoznak a 3D-modellek alkalmazása a VR-térben, vagy 360 fokos kamerával készített felvételek digitális térbe történő feltöltése (mint oktató tananyag a kényszerhelyzetek oktatása előtt). Amennyiben a hallgatók követik oktatóik tanácsait és tanulnak egymás tapasztalataiból, a szoftver önálló alkalmazása kiemelkedően produktív lehet. Éves szinten több tíz millió forint megtakarítás érhető el, növelhető a képzés határfoka, csökkenthető a repülésbiztonsági kockázatok és optimalizálható az erőforrás-felhasználás. Az elmúlt három év kísérleti eredményei, amelyeket saját tapasztalataink is alátámasztanak, és amelyek a több ezer repült órával rendelkező oktatók pozitív visszajelzéseit is elnyerték, egyértelműen bizonyítják, hogy a fejlett digitális technológiák alkalmazása jelentős szerepet játszhat a kiképzési folyamatban. Sok esetben a hatékonyság kulcsa az egyszerű, de célzott megoldásokban rejlik.

Egy későbbi cikkben a *Microsoft Flight Simulator (MSFS)* katonai környezetben történő képzéstámogató lehetőségeit fogjuk elemezni. Az ebben a részben bemutatott *Digital Combat Simulator* tapasztalatai alapján egyértelművé vált, hogy a kereskedelmi forgalomban elérhető, gamifikációs elemeket integráló szimulátorszoftverek hatékonyan támogatják a formális katonai repülőképzést. E megközelítés mentén haladva a következő szakasz célja, hogy feltérképezze, hogy az MSFS miként járulhat hozzá a katonai repülő-hajózó állomány elméleti és gyakorlati felkészítésének fejlesztéséhez. A vizsgálat fókuszában az MSFS által nyújtott valóság-hű környezet és repülésdinamikai modell kiképzési relevanciája, az eszköz kiképzési rendszerbe történő integrálhatóságának lehetőségei, valamint a strukturált alkalmazásával elérhető készségfejlesztés mértéke áll. Továbbá összehasonlító elemzést végzünk a DCS és az MSFS között, különös tekintettel arra, hogy a két rendszer milyen módon támogathatja a repülésbiztonságot, a költség-hatékonyságot, illetve a kiképzési idő optimalizálását. A cél annak bizonyítása, hogy az MSFS – a megfelelő oktatási módszertani keretbe ágyazva – alkalmas lehet az alapképzés egyes szakaszainak támogatására, különösen az önálló, motivált tanulás és készség szintű tudás megszerzésének elősegítése révén. ■

## HIVATKOZÁSOK

- [1] Újraindul a hazai pilótaképzés a következő tanévtől. <https://hhk.uni-nke.hu/hirek/2017/11/14/ujraindul-a-hazai-pilotakepzes-a-kovetkezo-tanevtol> (Letöltve: 2025.07.28.)
- [2] DCS. <https://www.digitalcombatsimulator.com/en/> (Letöltve: 2025.07.28.)
- [3] Zimmermann Ildikó: A gamifikáció és alkalmazásának lehetőségei. *Tudásmenedzsment* 2025/1, 93–107. <https://doi.org/10.15170/TM.2025.26.1.8>
- [4] Dudok Fanni: A fenntarthatóság gamifikációja: A fiatalok bevonása interaktív tanulással. *Környezeti nevelés a 21. században: Tapasztalatok és jó gyakorlatok*. Pécsi Tudományegyetem, 2024, 18–33.
- [5] Pipuš, Darja: Videogames in Real Life as a Form of Learning. *Proceedings of the World Conference on Education and Teaching* 2025/1, 111–119. <https://doi.org/10.33422/etconf.v4i1.1129>
- [6] Kiss Gergely: A gamifikáció változása és jövőbeli felhasználásának lehetőségei. *MTA MAB Gazdálkodástudományi Munkabizottság, Miskolc*, 2022, 115–128.
- [7] Trevithick, Joseph: A-10 Warthog Pilots Are Using The Digital Combat Simulator Video Game To Train In VR, 2021. <https://www.twz.com/40620/a-10-warthog-pilots-are-using-the-digital-combat-simulator-video-game-to-train-in-vr> (Letöltve: 2025.07.28.)
- [8] DCS Word 2.9. [https://www.digitalcombatsimulator.com/en/downloads/world/stable/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.digitalcombatsimulator.com/en/downloads/world/stable/?utm_source=chatgpt.com) (Letöltve: 2025.07.28.)



OTT ISTVÁN DÁNIEL\*

# ATOM-TENGERALATTJÁRÓK AZ AUSZTRÁL KIRÁLYI HADITENGERÉSZET KÖTELEKÉBEN III. RÉSZ

## AZ AUSZTRÁL KIRÁLYI HADITENGERÉSZET TENGERALATTJÁRÓ-FEGYVERNEME

**A**sorozat első részében az ausztrál tengeralattjáró fegyvernem kialakulásáról és a 20. század végéig terjedő történetéről volt szó. A második részben az 1980-as és 1990-es években történt fejlesztéseket és az új ausztrál tengeralattjáró-stratégiát mutattuk be.

### EGY VÁRATLAN FORDULAT: AZ AUKUS

2021. szeptember 15-én háromoldalú megállapodás született az Amerikai Egyesült Államok, Ausztrália és az Egyesült Királyság között. Ez lett az országok nevének kezdőbetűi után az AUKUS-nak (Australia, United Kingdom, United States) elnevezett szövetség. A paktum fő célja a három ország Óceánia térségében kifejtett védelmi stratégiájának összehangolása a fejlett kibernetikus eszközök, a mesterséges intelligencia, a kvantumtechnológiák, a tenger alatti képességek, a hiperszonikus (lég)védelem és az elektronikus hadviselés területén. [2] Alig egy héttel a megállapodás után Ausztrália felmondta a franciákkal

az Attack-osztályú tengeralattjáró létrehozására megkötött szerződéseket, és bejelentette, hogy a Collins-osztályú tengeralattjárókat nukleáris meghajtású tengeralattjárókkal fogja leváltani! [3] A bejelentés a világ közvéleményét váratlanul érte, de a szakértők körében nem újdonság, hogy egy atomhatalomnak nem tekinthető állam nukleáris meghajtású tengeralattjárókat akar rendszeresíteni. Bár atom-tengeralattjárókat eddig csak a nukleáris fegyverekkel is rendelkező hat ország (az Amerikai Egyesült Államok, az Egyesült Királyság, Oroszország, Franciaország, Kína és India) rendszeresített, az említett ambiciózus terv több kisebb ország haditengerészetét is foglalkoztatta az elmúlt évtizedekben. Kanada és Hollandia [4] a volt Szovjetunió hidegháborús fenyegetésének ürügyén, Argentína és Brazília saját hatalmi státuszát megerősítendő szeretett volna atom-tengeralattjárókat beszerezni. [5][6]

Napjainkban a nukleáris meghajtású tengeralattjárók három főbb kategóriáját különböztetjük meg. Az angol

1. ÁBRA. Mk 48 Mod 7 torpedó betöltése az HMAS COLLINS tengeralattjáróba (Fotó: Royal Australian Navy)

\* Járműmérnök, gépipari szakoktató. ORCID: 0000-0001-5524-6735





2. ÁBRA. Egy lehetséges ellenfél. A RAN számára egyre komolyabb kihívást jelentenek a csendes-óceáni térségben jelenlevő kínai atommeghajtású tengeralattjárók. A képen a kínai haditengerészet egy Type 093 típusú Shang-osztályú SSN-je [7]

SSN (Ship Submersible Nuclear) elnevezés magyarul, nem szó szerinti fordításban a „nukleáris meghajtású tengeralattjáró” kategóriát jelöli; a magyar nyelvű szakirodalmakban már nem ennyire egyértelmű. Szokták vadász- és flotta-tengeralattjáró névvel illetni, meg kell azonban jegyezni, hogy napjaink atom-tengeralattjáróinak már jóval nagyobb a harci potenciálja, mint csupán a felszíni hajókra és tengeralattjárókra való „vadászat”. A legtöbb egység ugyanis torpedók mellett hordozhat robotrepülőgépeket, melyekkel akár szárazföldi célpontokra is csapást mérhet.

Ez tovább bonyolítja a kérdést, és felvet egy újabb kategóriát, az angol SSGN (Ship Submersible Guided Missile Nuclear), magyarul „robotrepülőgép-hordozó tengeralattjáró nukleáris hajtással” elnevezést. Itt elsősorban nem torpedóvetőcsőből indítható robotrepülőgépekről van szó, hanem jellemzően régi, nagy méretű, néha csak a felszínen indítható robotrepülőgépekről, illetve az ezeket hordozó tengeralattjárókról. Ezek többnyire a volt szovjet, kisebb hányadban a kínai flotta szolgálatában álló tengeralattjárók voltak, hagyományos vagy nukleáris hajtással, mint például a 2000-ben szerencsétlenül járt orosz KURSZK.

Az SSBN (Ship Submersible Ballistic Nuclear), magyarul „atommeghajtású ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjárók” feladata nukleáris töltetű ballisztikus rakétákkal járőrözni a világtengereken és biztosítani a nagyhatalmak nukleáris elrettentő erejét. Nyilvánvaló, hogy az utóbbi kategóriával csak a nukleáris fegyvereket birtokló nemzetek rendelkeznek. Így értelemeszerűen Ausztrália nukleáris meghajtású tengeralattjárókkal kapcsolatos ambíciói – akár csak korábban a holland, kanadai, argentin, brazil tervek esetében – az SSN kategóriájú tengeralattjárókra korlátozódnak. Erre a kategóriára, a fent említett harci potenciál miatt a cikkben, a magyar szakmai publikációk egy részében is használt, „támadó tengeralattjáró” kifejezéssel fogunk hivatkozni. [5]

Felmerülhet a kérdés, hogy mivel nyújt többet egy nukleáris meghajtású támadó tengeralattjáró, mint az eddig az ausztrál haditengerészetnél is alkalmazott „hagyományos” meghajtású dízel-elektromos egységek. Darabára

számítva egy atom-tengeralattjáró átlagban tízszer többbe kerül, mint egy hagyományos. Ennek ellenére nehéz megbecsülni két különböző fegyverrendszer, esetünkben a dízel-elektromos – ideértve a levegőtől független (AIP – Air-Independent Propulsion) – hajtású és az atom-tengeralattjárók költségeit a teljes élettartamra vetítve –, figyelembe véve, hogy a honvédelmet és a biztonságot nem lehet „kilóra” számított megtérülési profitra váltani. A 2016–2024-es pénzügyi adatok szerint egy Virginia-osztályú atom-tengeralattjáró ára 4,3 milliárd, míg egy hagyományos meghajtású, az ausztrál tenderre is ajánlott TYPE 214-es ára 330 millió USA-dollár volt. [8] Ugyanakkor az is igaz, hogy az eredetileg tervezett francia

gyártású Attack-osztályú egy darabra vetített ára 2021-es számítások szerint, az elhúzódtó tárgyalások és a projekt késései miatt (gyakorlatilag el sem kezdődött) már közel 3 milliárd USD lett volna! [9] Ezzel szemben már nem is tűnik olyan drágának a 4,3 milliárd USA-dollárba kerülő Virginia-osztályú atom-tengeralattjáró. Fontos azonban megjegyezni, hogy ez csak magának az eszköznek az ára, nem számították bele a teljes élettartam alatti fenntartási költséget, a javítás, a karbantartás, a személyzet kiképzésének stb. árát. Továbbá annak az összegét, hogy hol és hogyan tárolják el a távoli jövőben leszerelt ausztrál nukleáris hajtású atom-tengeralattjárók radioaktív hulladéknak minősülő egységeit, alkatrészeit. Utóbbi kérdés nyilván az ausztrál közvéleményt is foglalkoztatja, és megválaszolása jóval összetettebb és bonyolultabb, mint amit egy cikk terjedelme itt megenged, de érdemes elgondolkodni rajta. [10]

A „hagyományos” tengeralattjárók dízel-elektromos meghajtásúak, ez azt jelenti, hogy felszínen haladva, dízelmotorjaikat járattva, azokkal generátorokat forgatva elektromos áramot állítanak elő, melyeket a tengeralattjáró törzsébe épített akkumulátorokban tárolnak el. Amikor merülésre kerül sor, a dízelmotorokat leállítják, azok szellőző- és kipufogórendszereit különböző szelepekkel gondosan lezárják, majd a víz alá merülve az akkumulátorokban eltárolt villamos energiával hajtott villanymotorokkal forgatott hajócsavarral vagy hajócsavarokkal haladnak. Az akkumulátorok energiakapacitása – és így a víz alatti haladás időtartama, ami 2-3 nap [11] – azonban korlátozott, és lemerülésük után a tengeralattjárónak felszínre kell emelkednie, hogy dízelmotorjait beindítva újra feltöltsen elektromos árammal a víz alatti haladást biztosító akkumulátorokat. Az ismétlődő töltések procedúrája erősen korlátozza a dízel-elektromos tengeralattjárók hadművelési lehetőségeit. A folyamatot valamelyest biztonságosabbá tette a légperiszkópok alkalmazása, mely szerkezet a dízelmotorok levegőbeömlő-nyílását és kipufogórendszereit tartalmazza, és lehetővé teszi, hogy a tengeralattjáró a felszín közelébe emelkedve „periszkópmélységben”

indítsa be és járassa dízelmotorjait, részlegesen rejtve maradvá. Azonban a vízfelszín alatt alig néhány méterre rejtőzködő tengeralattjáró sebezhető, és a motorokat hajtó gázolaj mennyisége is véges, korlátozva ezzel a tengeralattjáró hatótávolságát, így az ellenőrizhető hadművelleti terület határait.

Talán ez utóbbi lehetett az érv az Attack-osztály programjának elvetésére is. A Collins-osztályt leváltani szándékozó új tengeralattjáró-osztály tagjai ugyan levegőtől független (AIP) meghajtással lettek volna felszerelve – mint a tenderre benyújtott összes másik terv alanya –, de az AIP-rendszereknek is a hagyományos működésű dízelmotor a fő energiaforrása, annak már említett korlátjaival. Az AIP-rendszer az atommeghajtású tengeralattjáróknál olcsóbb alternatívát kínál arra, hogy a dízel-elektromos meghajtású tengeralattjáróknál hosszabb ideig haladhasanak víz alatt, a levegőtől függetlenül, akár 14 napig is. [13] De a teljes hatótávot itt is korlátozza a hajtáslánc alapvető energiaforrása, a gázolaj mennyisége, illetve még egy fontos tény. Az AIP-hajtásláncú tengeralattjárók ugyan jóval hosszabb ideig képesek víz alatt tevékenykedni, mint a hagyományos dízel-elektromosak, de a víz alatt haladási sebességük erősen korlátozott és energiafüggő. Tartósan nagy sebességgel merülésben csak rövid ideig képesek haladni, ezáltal nem alkalmasak arra, hogy egy másik nukleáris meghajtású tengeralattjáróval – például egy ellenséges, a szárazföldi célpontokat fenyegető SSBN atommeghajtású ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjáróval – hosszabb távon lépést tartsanak. Az SSN-ek azonban küldetésük teljes tartama alatt víz alatt haladhatnak akár hónapokon át, tehát gyorsabban közelíthetik meg és ellenőrizhetik hadművelleti területeiket. Összegezve: egy atom-tengeralattjáró, szemben az Ausztráliában eddig alkalmazott dízel-elektromos vagy a rendszeresíteni tervezett AIP-rendszerű tengeralattjárókkal, hatótávolság és teljesítmény korlátozása nélkül tevékenykedhet küldetésének teljes időtartama alatt, mindezt úgy, hogy egyszer sem kell magát veszélyeztetve felszínre emelkednie. Egy ilyen kapacitás lehetőségeiről valószínűleg nem kellett sokáig győzködni a RAN vezetőit. Azonban egy ilyen jellegű fegyverrendszer (tehát az atom-tengeralattjárók) beszerzése nem kis költséggel és még talán annál is nagyobb bel- és külpolitikai figyelemmel jár.

Kérdéses az is, hogy egy ekkora potenciállal bíró eszköz beszerzésével mi az Ausztrál Királyi Haditengerészet célja. Mint azt az ausztrál haditengerészet történelme kapcsán láthattuk, a haderő feladatai sosem korlátozódtak kizárólag a part menti vizekre. Figyelembe véve a minden oldalról óceánokkal határolt, kontinensnyi ország politikai és gazdasági földrajzát, Ausztrália védelmének jóval távolabb, már a kék vizeken [14] meg kell kezdődnie. Az ausztrál védelmi politika többször is megta-

pasztalta, hogy a természetes védelmi vonalat jelentő több ezer tengeri mérföldnyi óceán csak látszólagos biztonságot jelent. A második világháború idején, 1942. február 19-én, az oly távolinak tűnő Japán hadereje elérte és bombázta Darwint. [15] Az 1970-es évekre a szovjet haditengerészet ért el akkora technológiai fejlődést, hogy jelenléte mindennaposá vált az Indiai- és a Csendes-óceánon. Napjainkra pedig a feltörekvő Kína flottája talán még nagyobb veszélyt jelent, mint az egykori Szovjetunió hajói. Ausztrália védelmi szcenáriója valós realitásként számol azzal, hogy egy délkelet-ázsiai konfliktusban veszélybe kerülhetnek hagyományos tengeri kereskedelmi útvonalai. Az ország a kőolajból és különböző kőolaj-származékokból, nyersanyagokból jelentős importra szorul, melyek csak olyan tengeri kereskedelmi útvonalakon juthatnak el hozzá, melyeket könnyen támadhat és blokkolhat a kínai haderő. Lehetséges hadművelleti szintéreként ezért az Ausztráliától az indonéz és a csendes-óceáni szigetvilágon át a Hormuzi-szorosig és Afrikai keleti partjáig tartó területtel számolnak. [16] Ekkora vízfelület ellenőrzéséhez már valóban szükséges egy atom-tengeralattjárókkal felszerelt flotta. Itt kell megjegyeznünk, hogy a vetélytárs kínai haditengerészet már mintegy tucat atommeghajtású tengeralattjáróval rendelkezik, köztük SSBN-ekkel.

Ez utóbbiak felderítése, nyomon követése, megsemmisítése egy konfliktus esetén, mielőtt azok még elindíthatnák nukleáris töltetű rakétáikat a szárazföldi célpontok ellen, hatékonyan csakis SSN tengeralattjárókkal képzelhető el. A kínai rakétahordozó tengeralattjárók sakkban tartása persze nem elsődlegesen ausztrál érdek, figyelembe véve, hogy azok nukleáris tölteteinek célpontjai valószínűleg az Egyesült Államok nyugati partjának nagyvárosai lennének, mert erről természetesen sehol sem közölnek hivatalos adatokat. Az AUKUS védelmi szövetség lényege azonban pont az, hogy annak résztvevői közösen védjék meg egymás érdekeit a délkelet-ázsiai térségben, és ez nyilván azzal a reménnyel is kecsegtetheti Ausztráliát, hogy atom-tengeralattjáróinak beszerzéséhez anyagi és technológiai támogatást kap szövetségeseitől, így az Egyesült

**3. ÁBRA.** Ilyen lett volna az Ausztrál Királyi Haditengerészetnek gyártott francia Attack-osztályú tengeralattjáró (számítógéppel készített grafika). A 12 db-os megrendelést a teljes projekttel 2021-ben törölte az Ausztrál Védelmi Minisztérium, amikor az új AUKUS-szerződés értelmében atom-tengeralattjárók beszerzése mellett döntött [1]





4. ÁBRA. Kínai Type 094 Jin-osztályú SSBN. Nem tűnik a legkorszerűbbnek: a kiálló részekkel épített, nem túl áramvonalas és zajkeltő hajótörzse leginkább az elavult orosz Delta-osztályra emlékeztet, de még így is komoly fenyegetést jelent [17]

Államoktól is. Szüksége is van erre, mert Auszália eddig semmilyen nukleáris iparral sem rendelkezett – még civil területeken sem, nemhogy a hadiiparban. Az okok sokrétűek, továbbá az sem mellékes, hogy az ausztrál közvélemény hagyományosan „atomellenes”, amiben nem kis szerepe volt a hidegháború során a franciák által a csendes-óceáni térségben folytatott kísérleti atomrobbantások kapcsán szerzett negatív tapasztalatoknak. [18] Ennek ismeretében ambiciózus terv volt, hogy saját, némi brit vagy amerikai támogatással történő gyártással és tervezéssel készüljön el egy ausztrál atom-tengeralattjáró.

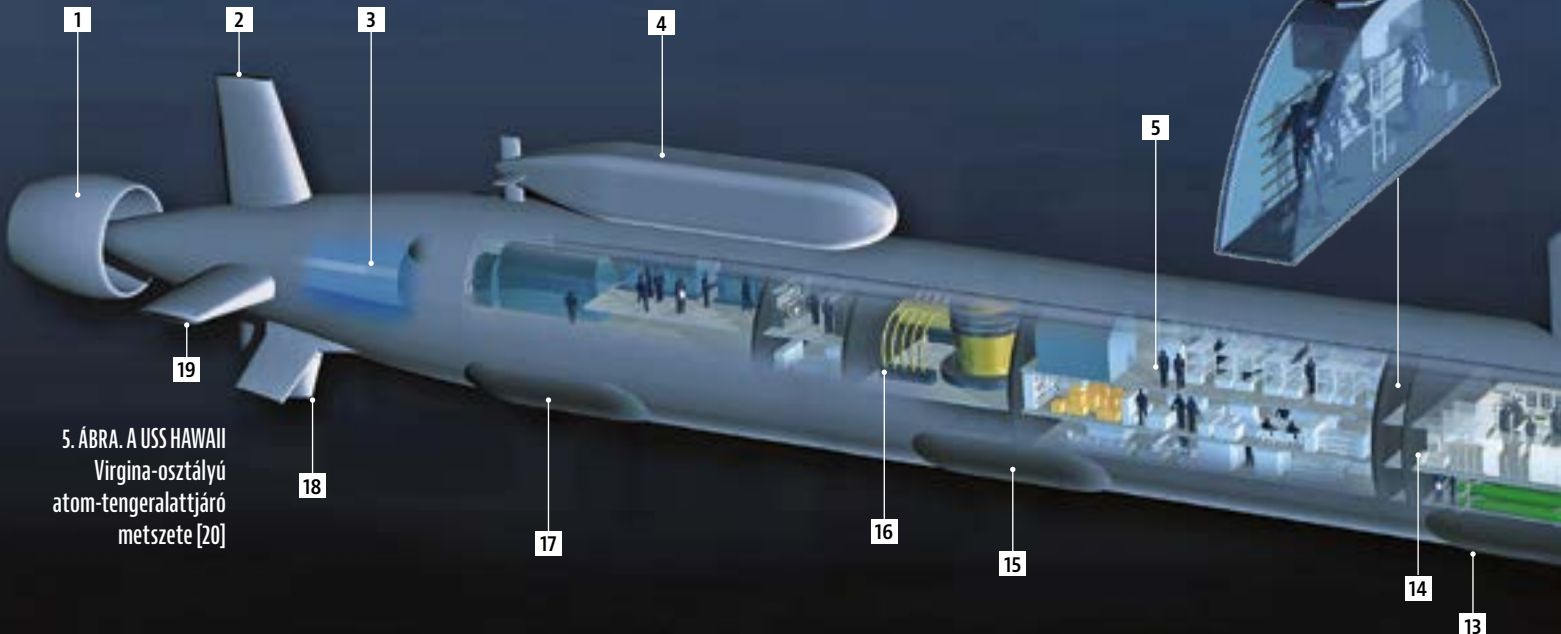
a Szovjetunió, majd később Oroszország adott át tartós bérletre Indiának. [19]

### AUSZTRÁLIA ATOM-TENGERALATTJÁRÓI: A VIRGINIA-OSZTÁLY ÉS AZ SSN AUKUS

A Virginia-osztályú atom-tengeralattjárókat a – még a hidegháború idején tervezett sikeres, és a világon legnagyobb számban sorozatban gyártott – Los Angeles-osztályú atom-tengeralattjárók utódjának szánták, a Seawolf-osztállyal együtt. Utóbbi típus merőben új technológiai újításokat hozott, de ennek olyan költségei voltak, melyek még

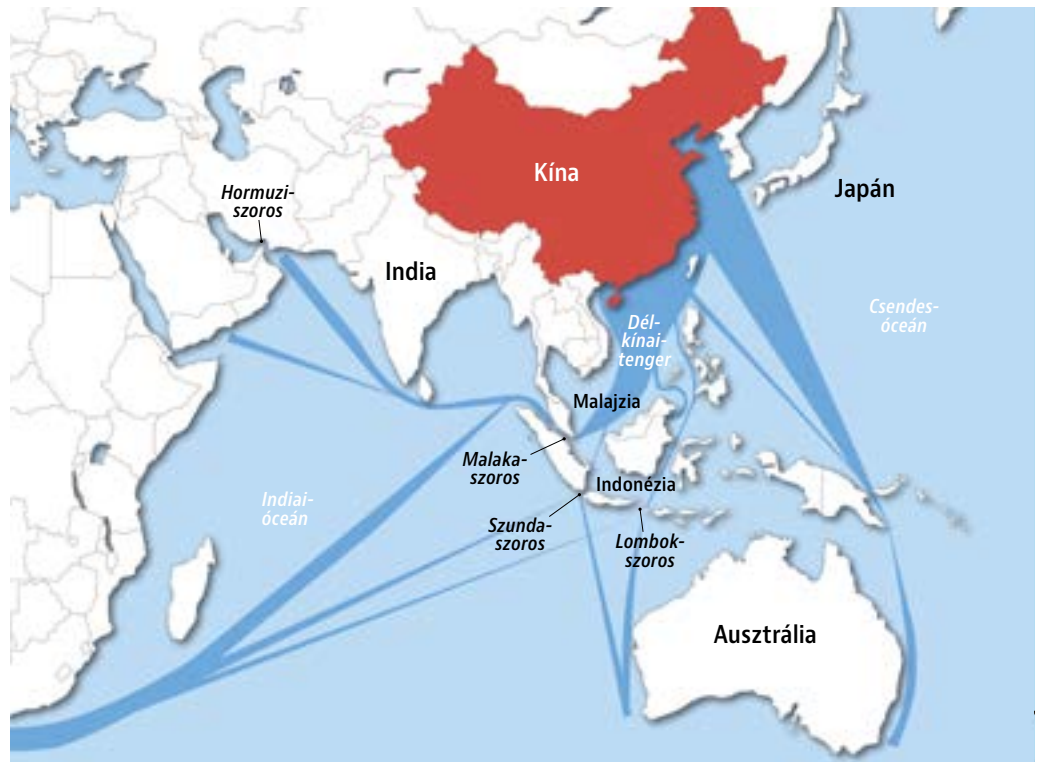
1. vízsugárhajtómű 2. függőleges kormánylap 3. ballaszt – kiegyenlítőtartályok 4. különleges egységek víz alatti szállítójárműve (opcionális) 5. személyzeti körletek 6. torony kommunikációs antennarendszerei az elektrooptikai periszkóp behúzható árbócaival 7. toronysonár antennája 8. merülő ballaszttartályok 9. Tomahawk robotrepülőgépek függőleges indítócsövei (12 db) 10. fő szonárrendszer (szonárgömb) 11. navigációs szonárantenna 12. torpedóvetőcsövek 13. oldalra néző navigációs szonárantennák 14. parancsnoki irányítóterem 15. oldalra néző navigációs szonárantennák 16. gépház és a reaktoregység 17. oldalra néző navigációs szonárantennák 18. stabilizátor 19. tat merülő kormánylapjai

zsilipkamra (különleges műveleti egységek búvárainak)



5. ÁBRA. A USS HAWAII Virginia-osztályú atom-tengeralattjáró metszete [20]

az Egyesült Államok számára sem voltak elfogadhatóak, így ezekből mindössze 3 példány épült. A Virginia-osztály jelentette az olcsóbb alternatívát. Terveinek előkészületei alig néhány évvel a Seawolf tervezésének kezdetei utánra, 1991-ig nyúlnak vissza. [10] A költségcsökkentést olyan forradalmi újításoktól várták, mint a civil iparból átvett sztenderdizálás, értsd ezalatt, hogy a Virginia volt jelen források szerint az első olyan atom-tengeralattjáró, melynek teljes tervezése CAD (Computer-Aided Design), azaz számítógéppel támogatott tervező szoftverekkel történt.<sup>1</sup> A CAD-rendszerben történő tervezés és gyártás a 3D vizualizációval jelentősen felgyorsította a tervezést, a programok által nyújtott FEM (Finite Element Method: végelem-számítási módszerek) révén már a számítógépen, a hajótörzs virtuális 3D modelljein el lehetett végezni különböző szilárdsági, áramlástani és egyéb tesztek anélkül, hogy ehhez valós alkatrészeket kellett volna legyártani és áramlástani medencékbe mérítve, hidrodinamikai teszteknek alávetni. Így, ha egy-egy részegység vagy alkatrész nem felelt meg a FEM-teszteken, az még a számítógépes terveken módosítható és javítható volt. További költségcsökkentést jelentettek a szintén a ci-

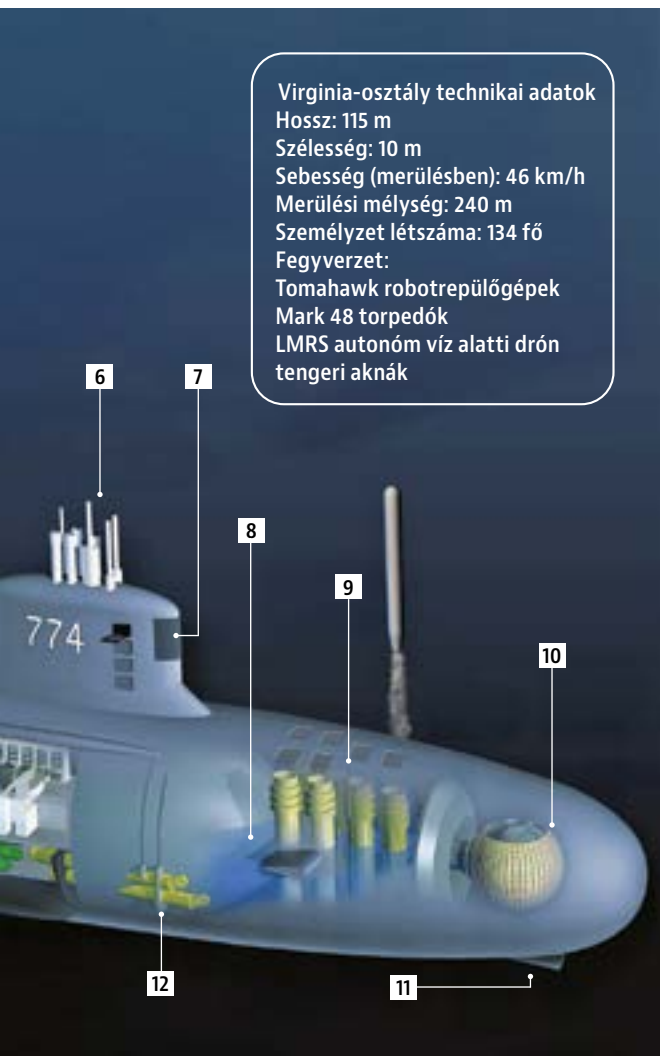


vil iparból átvett PLM- (Product Lifecycle Management: termékéletciklus-menedzsment) módszerek, illetve a fogyasztói kereskedelemben is kapható szoftverek és hardverek felhasználása az építésben és a gyártásban. [21] Mindezek ellenére, amint az szinte az összes fegyverfejlesztésre jellemző napjainkban, a Virginia-osztály egy-egy példányára számított darabár is közel a kétszerese lett a tervezetnek. Mivel azonban nem volt más alternatíva a Los Angeles-osztályú atom-tengeralattjárók leváltására, 2000-től megkezdődött a Virginia-osztály „sorozatgyártása”, ami jelen tervek szerint a 66. egység legyártásával fog zárulni.<sup>2</sup>

A jelentős beszerzési költségekhez mérten a Virginia-osztályú atom-tengeralattjárók innovatív technológiai megoldásai egy teljesen új, jövőbe mutató generációt ígérnek. A hajótörzs és a torony egyébként sok hasonlóságot mutat a Seawolf-osztállyal: ilyen a hosszú áramvonalas test, melyhez a torony íves átmenettel csatlakozik, számolva azzal, hogy az amerikai atom-tengeralattjáróknak is rendszeresen kell a sarki jég alatt tevékenykedni, esetlegesen azt áttörve felszínre emelkedni. Ezért már az utolsó sorozatú Los Angeles-osztályú tengeralattjáróknál is az addig toronyra helyezett merülő kormánylapokat a hajóorr-ra helyezték át, [5] és ezt a tervezési szempontot követte a Seawolf-és a Virginia-osztály is. Úgy tűnik, hogy az amerikai SSN kategóriájú atom-tengeralattjáróknál végleg szakítottak a toronyon elhelyezett merülő kormánylapokkal. A szonárt és az egyéb szenzorrendszereket áramvonalasan integrálták a hajótest

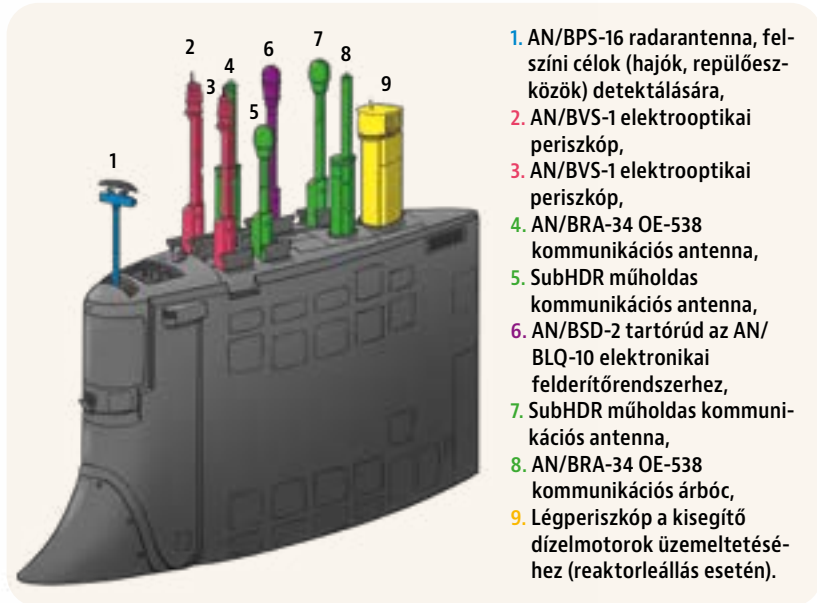
6. ÁBRA. Ausztrália főbb tengeri kereskedelmi útvonalai (az ábrán világoskék sávokkal a Csendes-óceántól az Indiai-óceánig akkora potenciális hadműveleti területet jelentenek, amelynek hatékony, víz alól is biztosított ellenőrzését csakis nukleáris meghajtású tengeralattjárókkal lehet biztosítani [12]

**Virginia-osztály technikai adatok**  
 Hossz: 115 m  
 Szélesség: 10 m  
 Sebesség (merülésben): 46 km/h  
 Merülési mélység: 240 m  
 Személyzet létszáma: 134 fő  
 Fegyverzet:  
 Tomahawk robotrepülőgépek  
 Mark 48 torpedók  
 LMRS autonóm víz alatti drón tengeri aknák



<sup>1</sup> Megjegyzendő, hogy egyes vadászgép-tervek, például a francia Mirage 2000-es tervei is már CAD-programmal, a CATIA-val készültek.

<sup>2</sup> Nem egyértelmű, hogy ebbe beleszámolják-e az ausztrál példányokat is, bár jelen állás szerint csak egyetlen lesz új gyártású a RAN részére, a többit már legyártott, az USA által használtakból adják át.



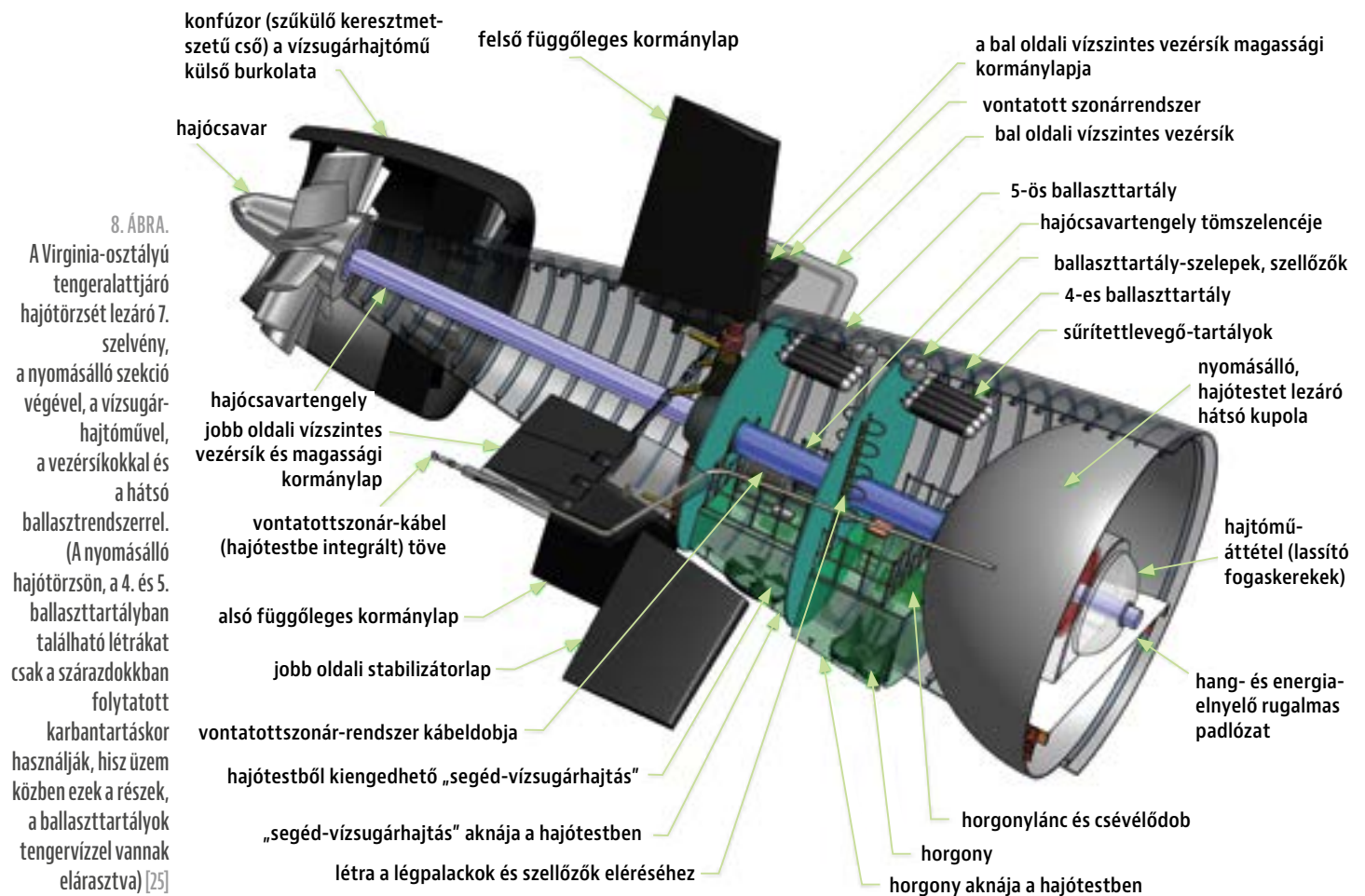
1. AN/BPS-16 radarantenna, felszíni célok (hajók, repülőeszközök) detektálására,
2. AN/BVS-1 elektrooptikai periszkóp,
3. AN/BVS-1 elektrooptikai periszkóp,
4. AN/BRA-34 OE-538 kommunikációs antenna,
5. SubHDR műholdas kommunikációs antenna,
6. AN/BSD-2 tartórúd az AN/BLQ-10 elektronikai felderítőrendszerhez,
7. SubHDR műholdas kommunikációs antenna,
8. AN/BRA-34 OE-538 kommunikációs árbóc,
9. Légperiszkóp a kisegítő dízelmotorok üzemeltetéséhez (reaktorleállás esetén).

7. ÁBRA. Egy Virginia-osztályú atom-tengeralattjáró tornyának periszkóp- és antennarendszere. (Piros színnel a hagyományos periszkópot felváltó „optronikus rendszer”) [24]

külső burkolatába, a személyzet munkáját pedig nagyfokú automatizáció segíti. A régebbi tengeralattjárókhöz mérhető egyik legnagyobb újítás, hogy a hagyományos, tüköroptikás, mechanikus periszkóprendszert elektrooptikaival váltották fel – ezt szokták optronikus rendszernek is nevezni. [23] Míg az előbbi a tengeralattjárózás hőskorától napjainkig a legfőbb olyan berendezés volt, amelyen keresztül a tengeralattjáró személyzete merülésben (periszkópmélységben) információt szerezhetett a külvilágról (azaz ezen keresztül

látott ki a tengeralattjáróból), addig az utóbbi kameraként működik. A különféle fényviszonyokhoz alkalmazkodó nap-pali és infravörös érzékelők és az ezek adatait továbbító vékony optikai szálak lehetővé tették a régi tüköroptikás periszkópok lecserélését.

Az új elektrooptikai eszközök azt is lehetővé tették, hogy a régebbi tengeralattjárók tornyán külön szereplő egységeket, több kitolható és toronyba visszahúzható, „árbocon” elhelyezett radarokat, kommunikációs antennákat és a már említett optikai szenzorokat egyetlen „árbocba” integrálják. Az elektrooptikai periszkóp további előnye, hogy mivel a felszínen a kamerái és infravörös érzékelői által „látott” információkat elektrooptikai szállal továbbítja a hajótestbe, a vékony optikai szál miatt nincs szükség a tengeralattjáró tornyán olyan rendkívül precízen és vízzáróan megtervezett kivágásra, melyen keresztül ki-be lehetett húzni és forgatni a hagyományos tüköroptikás periszkópokat. Ez utóbbi nemcsak azt jelenti, hogy nem kell strukturálisan meggyengíteni a tengeralattjáró tornyát egy nyílással – ami nem kis kockázatot jelent, nem egy esetben akár katasztrófát is okozott a sérült, vagy nem megfelelően működő periszkóp nyílásán bezúduló víz [4] –, így biztonsággal lehet nagyobb mélységekbe merülni. Továbbá a hajó parancsnoki irányítótermét a hajótörzsben mélyebbre, a nagyobb átmérőjű törzsszelvénybe lehetett beépíteni, szemben a régebbi egységekkel, amelyeknél a hajótörzs első szűk szintjén helyezkedett el, hogy fizikailag elérhető legyen onnan a mechanikusan működő tüköroptikai periszkóp. [25]

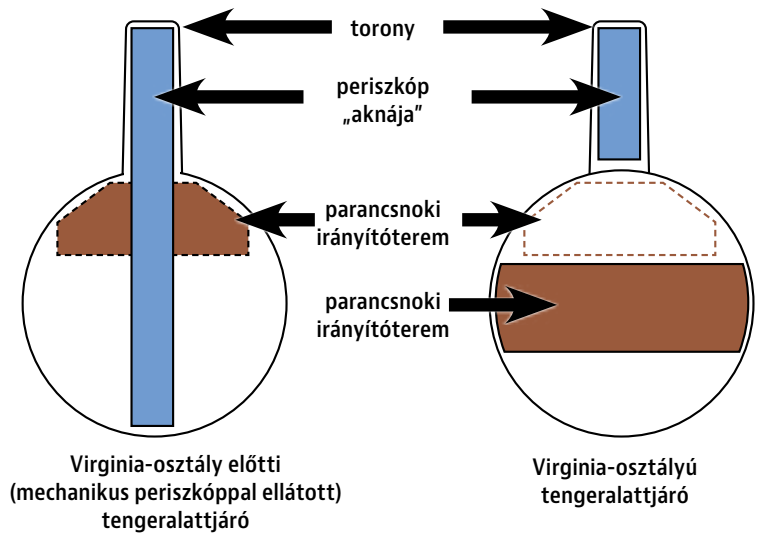


8. ÁBRA. A Virginia-osztályú tengeralattjáró hajótörzsét lezáró 7. szelvény, a nyomásálló szekció végével, a vízszugárhajtómű külső burkolata hajócsavar, hajócsavartengely, jobb oldali vízszintes vezérsík és magassági kormánylap, vontatotszonár-kábel (hajótestbe integrált) töve, alsó függőleges kormánylap, jobb oldali stabilizátorlap, vontatotszonár-rendszer kábeldobja, hajótestből kiengedhető „segéd-vízszugárhajtás” aknája a hajótestben létra a légalackok és szellőzők eléréséhez

- konfúzor (szűkülő keresztmetszetű cső) a vízszugárhajtómű külső burkolata
- felső függőleges kormánylap
- a bal oldali vízszintes vezérsík magassági kormánylapja
- vontatott szonárrendszer
- bal oldali vízszintes vezérsík
- 5-ös ballaszttartály
- hajócsavartengely tömszelencéje
- ballaszttartály-szelepek, szellőzők
- 4-es ballaszttartály
- sűrítettlevegő-tartályok
- nyomásálló, hajótestet lezáró hátsó kupola
- hajócsavar
- hajócsavartengely
- jobb oldali vízszintes vezérsík és magassági kormánylap
- vontatotszonár-kábel (hajótestbe integrált) töve
- alsó függőleges kormánylap
- jobb oldali stabilizátorlap
- vontatotszonár-rendszer kábeldobja
- hajótestből kiengedhető „segéd-vízszugárhajtás” aknája a hajótestben létra a légalackok és szellőzők eléréséhez
- horgonylánc és csévéldob
- horgony
- horgony aknája a hajótestben
- hang- és energiaelnyelő rugalmas padlózat
- hajtómű-áttétel (lassító fogaskerekek)

Az optikai szálakat egyébként nemcsak a periszkóp, hanem a hajó egész elektromos, információs rendszerében széles körben használják, ezzel jóval nagyobb kapacitással, zavarmentes információáramlást lehetővé téve, mint a hagyományos rézkábeleken, nem is beszélve a jelentős tömegcsökkenésről. A Virginia-osztály S9G az atomreaktor által fejlesztett gőzzel két turbinát forgat, ezek mechanikai energiáját a generátoroknak továbbítva; az azokkal megtermelt elektromos energiával hajtott villanymotor a hajótest végén nem hagyományos hajócsavarral, hanem annál lényegesen kisebb kavitációval és zajjal működő vízszugár-hajtóművel zárja az egység hajtásláncát. Ennek pontos kialakításáról, méreteiről kevés információ áll rendelkezésre, hiszen a hajócsavarok, vízszugárhajtóművek felépítését a modern tengeralattjárók tervezői igyekeznek mindig titokban tartani a nyilvánosság előtt,<sup>3</sup> de a képek alapján egy többlapátos hajócsavart kell elképzelni, melyet egy konfúzor (szűkülő keresztmetszetű cső) formájú burkolat vesz körül. Az ezzel elérhető sebességről, mint más atom-tengeralattjárók esetében, nem találhatóak hivatalos adatok, de megközelítőleg 46 km/h lehet a víz alatti átlagsebesség, illetve a vízszugárhajtóművet teljes fordulatszámmal járattva elérhető akár a 65 km/h is.

(Folytatjuk)



9. ÁBRA. Metszeti ábrázolás a régebben gyártott, tükröoptikás, mechanikus periszkóppal ellátott tengeralattjáróról (balra) és az elektrooptikai periszkópos Virginia-osztályról (jobbra). Jól megfigyelhető, hogy a régebbi egységeken a tükröoptikás, mechanikus periszkóp behúzásához az egész hajótörzs keresztmetszetét elfoglaló „periszkópakna” kellett (kék sáv), és ez behatárolta a parancsnoki irányítóközpont elhelyezését is a hajótörzs felső szűk keresztmetszetében. Ezzel szemben a jobbra látható Virginia-osztálynál az elektrooptikai periszkóp aknája elfér a toronyban, így marad hely a parancsnoki irányítóközpont mélyebben, a hajótörzs szélesebb keresztmetszetében történő elhelyezéséhez [25]

<sup>3</sup> Mivel a hajócsavar a legnagyobb zaj forrása, minden tengeralattjárónak afféle akusztikus „ujjlenyomata”, ezért annak kialakítása és formája a tervezők és az üzemeltetők egyik legféltebb titka.

HIVATKOZÁSOK

[1] Tual, Lorenzo: Attack Class Submarine: French President and Australian PM Confirm Strong Partnership. 2021.06.19. <https://www.navalnews.com/naval-news/2021/06/attack-class-submarine-french-president-and-australian-pm-confirm-strong-partnership/> (Letöltve: 2024.10.29.)

[2] Fact Sheet: Trilateral Australia-UK-US Partnership on Nuclear-Powered Submarines. 2023.03.13. <https://bidenwhitehouse.archives.gov/briefing-room/statements-releases/2023/03/13/fact-sheet-trilateral-australia-uk-us-partnership-on-nuclear-powered-submarines/#:~:text=On%20March%2013%2C%202023%2C%20Prime%20Minister%20Anthony%20Albanese,the%20Australia-United%20Kingdom-United%20States%20%28AUKUS%29%20enhanced%20security%20partnership.> (Letöltve: 2025.09.07.)

[3] Fowler, Andrew: Nuked The Submarine Fiasco that Sank Australia's Sovereignty. Melbourne University Publishing, 2024, 24, 45–95, 108–125.

[4] Miller, David: Korszerű tengeralattjárók. Kossuth Könyvkiadó, 1994, 104, 113.

[5] Gibson, Tony– Miller, David: Korszerű hadihajók. Kossuth Könyvkiadó, 1993, 6, 138.

[6] Spektor, Matias: Prospects For Safeguarding Brazil's Naval Nuclear Propulsion Program. 2017. aug. Prospects-for-Safeguarding-Brazil's-Naval-Nuclear-Propulsion-Program.pdf (Letöltve: 2025.10.29.)

[7] Type 093B SSN AKA. Shang-class, kép. [https://www.reddit.com/r/WarshipPorn/comments/iejv6h/plan\\_type\\_093b\\_ssn\\_aka\\_shangclass\\_1130x674/](https://www.reddit.com/r/WarshipPorn/comments/iejv6h/plan_type_093b_ssn_aka_shangclass_1130x674/) (Letöltve: 2025.10.29.)

[8] How Much Does A Submarine Cost? [www.thepricer.org/the-cost-of-a-submarine/](http://www.thepricer.org/the-cost-of-a-submarine/) (Letöltve: 2025.09.15.)

[9] Attack Class. Forecast. [https://www.forecastinternational.com/archive/disp\\_pdf.cfm?DACH\\_RECNO=1437](https://www.forecastinternational.com/archive/disp_pdf.cfm?DACH_RECNO=1437) (Letöltve: 2025.10.29.)

[10] Sárhidai Gyula – Szabó Miklós: Atom-tengeralattjárók. Zrínyi Kiadó, Budapest, 2005, 37, 139–142.

[11] Dmitry: How Long Can a Submarine Stay Underwater? Exploring the Limits of Submarine Endurance. 2025.01.02. <https://maritimepage.com/how-long-can-a-submarine-stay-underwater/> (Letöltve: 2023.09.03.)

[12] Saunders, John: We need a navy to protect our supply routes. 2018.02.16. <https://www.aspistrategist.org.au/need-navy-protect-supply-routes/> (Letöltve: 2023.09.03.)

[13] Rothmund, Marcel: Underwater. 2014.12.17. <https://www.mtu-solutions.com/cn/zh/stories/marine/military-governmental-vessels/underwater.html> (Letöltve: 2023.09.03.)

[14] Stevens, David: In Search of a Maritime Strategy. Strategic and Defence Studies Centre. The Australian National University, Canberra 1997, 151–225.

[15] Grose, Peter: An Awkward Truth: the bombing of Darwin, February 1942. Allen&Unwin, Crow Nest, 2009.

[16] Menhinick, Richard: A 'clever' Australia needs a larger, more potent navy. 2018.01.12. <https://www.aspistrategist.org.au/clever-australia-needs-larger-potent-navy/> (Letöltve: 2025.10.29.)

[17] Sharma, Ritu: Underwater Nuclear Disaster: Why Alleged Sinking Of China's Nuke Sub Is Bad New For Indo-Pacific Waters. 2023.10.05. <https://www.eurasiantimes.com/sunk-chinese-nuclear-armed-submarine-could-lead/> (Letöltve: 2025.10.29.)

[18] Bolton, Matthew et al.: Fallout on Countries Downwind from French Pacific Nuclear Weapons Testing. 2018. szept. Pacific-Downwind-PosObs-Country-Report-12-2h0qcbp.pdf (Letöltve: 2025.10.29.)

[19] Chako, Josep P.: Foxtrott to Arihant: The story of Indian Navy's Submarine Arm. Frontier India Technology, Dombivli West, 2015, 93–98.

[20] USS Hawaii submarine diagram. <https://hu.pinterest.com/pin/333547916153485181/> (Letöltve: 2025.10.29.)

[21] Bernard, Francis: A short history of CATIA & Dassault Systemes. 2023. máj. <https://computer aidedengineering.com/wp-content/uploads/2020/07/history-catia.pdf> (Letöltve: 2025.10.29.)

[22] Virginia Class Submarine. <https://www.nr.edu/edt/vaclass.php> (Letöltve: 2024.10.29.)

[23] Maini, Anil K.: Handbook of Defence Electronics and Optronics: Fundamentals, Technologies and Systems. John Wiley & Sons Ltd, 2018, 783–863.

[24] Virginia class SSN masts & antennas. [https://www.reddit.com/r/submarines/comments/dq3va5/virginia\\_class\\_ssn\\_masts\\_antennas/](https://www.reddit.com/r/submarines/comments/dq3va5/virginia_class_ssn_masts_antennas/) (Letöltve: 2025.10.29.)

[25] Zajac, Linda: The eyes of a submarine. 2021.04.09. [https://spie.org/news/the-eyes-of-a-submarine\\_photonics-masts#=\\_The%20eyes%20of%20a%20submarine](https://spie.org/news/the-eyes-of-a-submarine_photonics-masts#=_The%20eyes%20of%20a%20submarine) (Letöltve: 2025.10.29.)



GÁVAY GYÖRGY VIKTOR\* – SZABÓ BENCE\*\*

# AZ M2 BRADLEY HARCJÁRMŰ

1. ÁBRA. Amerikai M2A4 Bradley érkezik az észtsztrzági Tartuba, 2025. máj. 8-án  
(Forrás: Jaidyn Moore / www.dvidshub.net)

**Összefoglalás:** Az M2 Bradley harcjármű (Bradley Fighting Vehicle, BFV) az amerikai hadsereg páncélozott dandár harccsoportjának (Armored Brigade Combat Team, ABCT) alapszöke, amelynek elsödleges célja a gyalogság biztonságos szállítása, valamint harci támogatása. A mai napig alkalmazzák, de az eredeti alapkonceptiója szerint az európai hadszíntéren való alkalmazására évtizedek elteltével került sor az orosz–ukrán háborúban.

**Abstract:** The M2 Bradley Fighting Vehicle (BFV) is the backbone of the US Army's Armored Brigade Combat Team (ABCT). Its primary purpose is to safely transport infantry and provide combat support. The vehicle is still in use today, and decades after its original design concept, it is deployed where it was originally intended to: on the European battlefield, in the Russo-Ukrainian war.

**Kulcsszavak:** M2 Bradley harcjármű, harcjárműfejlesztés, páncélvédelem

**Keywords:** M2 Bradley fighting vehicle, fighting vehicle development, armour protection

## BEVEZETÉS

Az M2 Bradley harcjármű 1982 óta áll szolgálatban az Amerikai Egyesült Államok szárazföldi haderejében. Fő feladata a gyalogság biztonságos szállítása, valamint harci támogatása. [1][2]

Számos nagyobb konfliktusban vett részt, többek között az öbölháborúban (1990–1991) és az iraki háborúban (2003–2011). A harci tapasztalatok alapján folyamatosan korszerűsítették, különös hangsúlyt fektetve a páncélvédelemre és az elektronikai rendszerek modernizációjára, ahogyan azt az M2A2 és M2A3 változatok is mutatják. Számos ellentmondás került már napvilágra a jármű megítélésével kapcsolatban, de az alkalmazó országok véleménye

nyire többnyire pozitív, és a mai napig meghatározó szerepet tölt be olyan műveleti területen, ahol a lánctalpas járószerkezet az optimális.<sup>1</sup>

## AZ M2 BRADLEY HARCJÁRMŰ FEJLESZTÉSE

A harcjárműfejlesztés folyamata igen hosszúra nyúlt, ami több évtizedes koncepció és prototípusfázist foglalt magába. Az első specifikációkat már 1958-ban megfogalmazták, amelyek alapján az új harcjármű tömege mindössze 8 t lett, tornyába 20 mm űrméretű géppuskát, illetve 7,62 mm űrméretű géppuskát terveztek beépíteni, és a toronyban két fő kezelő számára alakítottak ki helyet. A szállítható gyalogos deszant létszáma öt fő volt.

\* Alezredes, PhD, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, adjunktus. ORCID: 0000-0003-0632-5650

\*\* Mesterleveles harcjármű-makettező. ORCID: 0009-0000-7871-2655

<sup>1</sup> A kerekes harcjárművek a fagyott, sziklás hegyes területeken jobban alkalmazhatónak bizonyultak, illetve a kísérő feladatok, nagy sebességet igénylő tevékenységek esetében, szintén előnyösebb a kerekes megoldás.

A cél az M113 harcjármű leváltása volt. Utóbbi még viszonylag friss típusnak számított, és az elődtípusok, az 1952-től gyártott M75, illetve az azt leváltó alacsonyabb felépítésű és úszóképes M59 sem számítottak idősnek, [3] hiszen a haditechnikai eszközök életciklusa általában több évtized hosszú lehet. A csapatszállító eszközök tervezése és alkalmazása mindig ellentmondásos szempontok alapján történik, mivel egyszerre kell többek között a gazdasági és a korszerű alkalmazási (harcászati és hadműveleti) szempontokat figyelembe venni. A gazdasági szempontok eredményezhették például azt, hogy az említett M75 a második világháborús M18 Hellcat páncélvadász alapjaira épült, de az is említésre méltó, hogy az M113 harcjármű több modernizáció után a mai napig rendszerben áll több nemzet fegyveres erőinél. A fentiekből levonható az a következtetés, hogy nemcsak az új szempontok megjelenésének, hanem a meglévő szempontok jelentőségének a változása eredményezi egy új típus fejlesztésének megkezdését. A tény, hogy a fejlesztés irányelvei az 1960-as évekre nyúltak vissza, a Bradley fizikai megvalósításában is megmutatkozik. [4] A fejlesztés szempontjait a hidegháborús doktrínákban megfogalmazott igények diktálták. Az 1950-es és 1960-as években az Egyesült Államok hadserege olyan járművet igényelt, amely képes hatékonyan működni egy esetleges magas intenzitású európai összecsapásban, ami magában foglalhatta az atom-, biológiai vagy vegyi (ABV – NBC) fegyverek használatát. A harcjármű fő feladata a gyalogság védett szállítása terepen és vízi akadályokon keresztül (ez utóbbi előkészítést igényel). Ezenfelül kiemelt szerepet kapott a légi szállíthatóság, illetve a 12,7 mm űrméretű lövedékek elleni ballisztikai védelem. [5] Fontos volt még egy olyan teljesítményű fő fegyverzet, amely alkalmas a könnyen páncélozott eszközök leküzdésére. A mobilitás szempontjából a harckocsik mozgékonyágát kellett elérnie.

Az első konkrét prototípus-fejlesztés 1963-ban kezdődött meg a Pacific Car and Foundry vállalatnál. A MICV-65 (Mechanized Infantry Combat Vehicle: gépesített lövész harcjármű) prototípusait 1965-ben szállították le, ezek azonban nem váltak be. A MICV-programot pár év múlva összevonták az Armored Reconnaissance Scout Vehicle (páncélozott felde-

rítő jármű) programmal. Ennek eredménye lett az XM2 és az XM3, ebből fejlesztették ki a későbbi Bradleyt, amelynek gyártása csak 1981-ben kezdődött meg.

A harcjármű motorját az M113 elrendezésével azonos módon a jármű elejébe, jobb oldalon helyezték el. A 367 kW (500 LE) teljesítményű, VTA-903T típusjelzésű, dízelüzemű 8 hengeres motort a Cummins cég szállította. A harcjárművezető a motortér mellett, a jármű elejének bal oldalán, a parancsnok a torony jobb, míg az irányzó a bal oldalán kapott helyet. A deszanttér oldalán lönylásokot alakítottak ki, és a torony oldalára felszerelték a BGM-71 TOW (Tube-Launched, Optically-Tracked, Wire-Guided: csőből indított, optikailag rávezetett, huzalvezérlésű) rakétaindító konténereket. A harcjárműtest komplex páncélatat tekintve korszakalkotónak is tekinthető, bár az alumínium és a kerámia már az M113 típuson is megjelentek. [6] Az első verzió hengerelt alumíniumötvözet lemezekből kialakított üreges páncélatatot kapott, melyet később alumínium-acél-alumínium szerkezetre cseréltek.

### KÍSÉRLETEK A BALLISZTIKAI VÉDŐELEMFEJLESZTÉSÉRE

A harcjármű tömegének csökkentése és a ballisztikai védelem növelése érdekében egy érdekes kísérlet- és tesztoszorozat kezdődött el 1983-ban, melynek első lépcsője egy kompozit torony fejlesztése volt. [7] Ennek alakja és minden részfunkciója megegyezett az eredeti toronyéval; a konstrukciók közötti különbség abból adódott, hogy a kísérleti torony két félből állt, melyeket fémkeretre építettek. A tömegcsökkentés mintegy 15%-os volt. 1987-ig öt toronyváltozatot kísérleteztek ki. Mivel az üvegszál/poliésztergyanta alkalmazása sikeresnek bizonyult, megkezdődhetett a harcjárműtest áttervezése is. Ennek során első lépésben egy padlólemezre rögzített alumíniumötvözet-keretet alakítottak ki, amely kellően merev volt, hogy a futóművet, az erőátvitelt, a hátsó lenyíló oldalfalat (rámpa) és a toronygyűrűt is megtartsa. A külső héj ismét két, egyenként 22–69 rétegből felépített darabból állt, amelyek egyenként 2,4 × 6,7 m nagyságúak és egyenként 820 kg tömegűek voltak. Az oldalpanelek tömegcsökkenése mintegy 25% volt, és a teljes tömegcsökkentés elérte a 15,5%-ot.

A ballisztikai és robbantásos teszteken az új fejlesztés jobban szerepelt, mint az első Bradley-verzió,

2. ÁBRA. M2A3 Bradley az iraki Fallúdzsa közelében, 2004 novemberében (Forrás: Johancharles Van Boers / Wikimedia)





3. ÁBRA. Célkeresés az M2A3 Bradley hőkameráján át  
(Forrás: Wikimedia / David Poleski)

ennek ellenére a kutatás eredményei közvetlenül nem épültek be a gyártási, fejlesztési folyamatokba.

### AZ ÖBÖLHÁBORÚ TAPASZTALATAI

Az 1991-es öbölháború során az M2 Bradley kiváló harctéri teljesítményt mutatott, ami megerősítette a fejlesztési koncepció sikerét. A harcjármű megbízhatóságát bizonyítja, hogy a hadrafoghatósági mutatója a katonai műveletek során 92–96% között mozgott. A sivatagi terepen gyorsnak és jól manőverezhetőnek jellemezték, képes volt együtt mozogni az M1 Abrams harckocsikkal. A kezelőszemélyzet pozitívan nyilatkozott az M2A2 modell előnyösebb menetdinamikai tulajdonságaival és a jármű manőverezhetőségével kapcsolatban. [8] Arról is beszámoltak, hogy

a 25 mm-es M242 géppágyú rendkívül hatékony volt különféle célpontok ellen, és a TOW rendszere képes volt megsemmisíteni az ellenséges harckocsikat. Elemzések szerint az öbölháborúban az M2 Bradley harcjárművek több iraki tankot pusztítottak el, mint az M1 Abrams harckocsik. [9]

### FEJLESZTÉSI LÉPCSŐK ÉS TECHNIKAI JELLEMZŐK

Az M2 Bradley harcjármű kezelőszemélyzete 3 fő, és az alapváltozat 7 fő deszantot szállíthat. Fegyverzete egy M242 Bushmaster típusú 25 mm űrméretű géppágyú és egy M240C MG típusú 7,62 mm űrméretű párhuzamosított géppuska. A deszant számára a küzdőtérből való tüzelés biztosítása céljából tüzelőnyílásokat alakítottak ki a jármű oldalán.

A harcjárműcsaládnak 2000-ig több változata jelent meg: az A1 1987-ben, az A2 1988-ban, az A3 2000-ben, az A4 pedig 2022-ben. Az összes fejlesztést terjedelmes lenne felsorolni, de néhányat említsünk meg. Az M2A1 típusnál már opcionális volt a reaktív páncél (Explosive Reactive Armour – ERA) használata. Az M2A2 esetében repeszfogó takarót alkalmaztak a páncélzat belső oldalán, és Halon tűzoltó rendszert szereltek be. Az A2-esnek egyébként volt egy ODS (Operation *Desert Storm: Sivatagi Vihar* művelet) jelzésű verziója, mely az öbölháború tapasztalatai alapján kapott fejlesztéseket: passzív védelmét fejlesztették, illetve felszerelték GPS berendezéssel és lézertáv mérővel, továbbfejlesztették a passzív páncélzatot, emellett acél- és kompozit elemek jelentek meg az oldal-, tető- és haspáncélzatban. Erre a változatra még nem lehet teljes mértékben az M2A3 előfutáraként tekinteni: bár fő és kiegészítő fegyverzete ugyanaz, az A3 változatnak már digitális tűzvezető rendszere és „Hunter-Killer” („vadász-gyilkos”) eszköze

1. TÁBLÁZAT. Az M2 Bradley harcjárművek technikai adatai és fejlesztései (Gávy Viktor szerkesztése a [2] [13] [14] [15] [17] alapján)

Típusváltozat	M2	M2A1	M2A2	M2A2 ODS	M2A3	M2A4
Gyártás kezdete	1981	1987	1988	1996	2000	2022
Személyzet (fő)	3 (parancsnok, irányzó, harcjárművezető)					4 (parancsnok/töltő, irányzó, harcjárművezető, másodvezető)
Deszant létszáma (fő)	7	7	6	6	7	6
Harci tömeg (kg)	22 797	22 798	27 135	29 165	34 200	35 920
Magasság (m)	2,97			3	3,3	2,98
Hosszúság (m)	6,45		6,55			
Szélesség (m)	3,2		3,28		3,3	
Hasmagasság (m)	0,457				0,381	0,406
Motor teljesítménye (kW/LE)	367/500		441/600		503/675	
Maximális sebesség (km/h):	66		56	61		66
Fő fegyverzet	M242 Bushmaster 25 mm űrméretű géppágyú					
Másodlagos fegyverzet	M240C MG 7,62 mm űrméretű párhuzamosított géppuska					
Kiegészítő fegyverzet	2 db BMG-71 TOW páncéltörő rakéta egy konténerben					
Álcázás, rejtés	2 × 4 kódgránátvető					
Ballisztikai védelem	alumínium, acél és kompozit ballisztikai védőelemek					
	12,7 mm űrméretű, AP lövedék ellen			4569 Level 4		
Úszóképesség	van	van	nincs			

van, amely jelentősen hatékonyabbá teszi a célok felderítésében és a tűz megnyitásban. Emellett már ERA felfogatási pontokkal együtt készült el, illetve a haspáncélt is továbbfejlesztették, de a tüzelőnyílások erről már eltűntek. Az M2A4 nagyobb teljesítményű motort kapott, de a diagnosztikai és a tűzoltó rendszer, továbbá az IED<sup>2</sup>-zavaró képesség kapcsán is történtek fejlesztések.

### AZ M2 BRADLEY UKRAJNÁBAN

Az ukrajnai háború révén az M2 Bradley – eredeti céljának megfelelően – az európai hadszíntéren is bevetésre került, először 2023 áprilisában. Több mint 300 darab M2A2 ODS-SA változat érkezett ide. A túlélőképesség növelése érdekében az eszközöket gyakran kiegészítő páncézzal (Bradley Urban Survivability Kit: BUSK – Bradley városi túlélőkészlet) és reaktív páncézzal (Bradley Reactive Armour Tiles – BRAT) szerelték fel.

A típus a 2023 tavaszi ellentámadás során debütált a Zaporizzsjai régióban, ahol az orosz mély védelmi vonalak áttörésében vett részt. [15] A kezelőszemélyzet dicsérte a jármű felépítését és terhelhetőségét. A 25 mm űrméretű géppágyúja meglepő hatékonysággal küzdött le a páncélozott célpontokat (beleértve egy modern orosz T-90M harckocsit is), ami bizonyítja a Bradley létjogosultságát a gyalogságharcjármű-szerepkörben. [9]

Az orosz–ukrán háborúban a kis méretű drónok fegyverként való használata nagyon gyorsan elterjedt, illetve fejlődik, minek eredményeként az M2 Bradley harcjárművek is jelentős veszteségeket szenvedtek. Ukrajna a jelentések

szerint 2025 januárjáig több mint 179 Bradley harcjárművet veszített el, beleértve a sérült, hátrahagyott vagy zsákmányolt járműveket. A harctéri elemzések szerint a harcjármű maga nem „vallott kudarcot,” de a nagy veszteségi ráta jelzi, hogy az új harctéri körülmények (nagy intenzitású tűz, drónok és a jól felépített többlépcsős védelem) túlterhelik a rendelkezésre álló nyugati rendszereket és eszközöket. Fontos megjegyezni, hogy a Leopard 2, illetve az orosz T-90M harckocsik is hasonló veszteségeket szenvedtek. [15]

Az ukrán harctéri tapasztalat igazolja az M2 Bradley harcjármű kialakításának alapelveit – a legénység védelmét és a harctámogató képességet –, de megmutatja a kiegészítő védőelemek, különösen az aktív védelmi rendszerek (Active Protection System – APS) kritikus hiányát a drónok és páncéltörő rakéták nagy számú alkalmazásával szemben. Az M2A2 ODS, bár kiegészítő páncézzal rendelkezett, passzív védelemre támaszkodott. Ez a tapasztalat igazolja az Iron Fist APS-t integráló M2A4E1 változat gyors fejlesztésének igényét a jövőbeli harctéri eredmények biztosításához. [16]

### ÖSSZEZGÉS

Az M2 Bradley harcjármű az elmúlt négy évtizedben a hidegháborús doktrínák termékéből egy folyamatosan modernizált, korszerű tűzvezető rendszerrel felszerelt, megfelelő védelmi képességgel rendelkező eszközzé alakult át. A harcjármű képességeit jól mutatja az 1991-es öbölháborúban tanúsított megbízhatósága, hatékonysága, majd az ukrajnai konfliktusban

<sup>2</sup> IED: Improvised Explosive Device (rögtönzött robbanószerkezet)



4. ÁBRA. Az ukrán 47. önálló gépesített dandár Bradley-je és legénysége 2023 júliusában (Forrás: Wikimedia)



5. ÁBRA Amerikai M2A2 Bradley Szomáliában, a UNOSOM II békefenntartó művelet keretében, 1994-ben (Forrás: Wikimedia / James Mossman)

játszott szerepe. Az M2 platformba vetett bizalmat jelzik a folyamatos fejlesztési célú beruházások, melyek 2027-ig mintegy 668 millió dollárt tesznek ki. A jelenlegi M2A4 és a legfejlettebb M2A4E1 változatok célja, hogy jól alkalmazhatóak maradjanak a közeljövőben mindaddig, amíg az USA haderejének jövőbeli harcjárművét, az XM30-ast (korábban Optionally Manned Fighting Vehicle: OMFV – opcionálisan távirányítású vagy ember vezette harcjármű) be nem veze-

tik a terv szerint 2029-ben. [16] Az M2A4E1 frissítések biztosítják, hogy a Bradley ne csak túlélőképes maradjon a drónok és modern páncéltörő rakéták korában, hanem továbbra is növelje hálózati és helyzetfelismerő képességét. A fejlesztés egyik legfontosabb területe az említett Iron Fist APS rendszer. Ez a fejlesztési filozófia kulcsfontosságú annak biztosítására, hogy a Bradley képes maradjon a többdimenziós hadviselés kihívásaira reagálni a közeljövőben.

#### HIVATKOZÁSOK

- [1] Bradley Fighting Vehicle. BAE Systems. <https://www.baesystems.com/en-us/product/bradley-fighting-vehicle> (Letöltve: 2025.10.03)
- [2] Foss, Christopher F. (szerk.): IHS Jane's Land warfare platforms: Armoured fighting vehicles 2016-2017. IHS Jane's, 2016, 600–607.
- [3] Szócikk: tank. Britannica. <https://www.britannica.com/technology/tank-military-vehicle> (Letöltve: 2025.10.22.)
- [4] Fleischer, Wolfgang: 1000 katonai jármű. Alexandra kiadó 2010, 292.
- [5] Schmidt Zoltán: Az M-2 Bradley amerikai lövészpáncélos. Haditechnika 1985/3, 18–21.
- [6] Hills, Andrew: Composite M2 Bradley IFV. The Online Tank Museum. <https://tanks-encyclopedia.com/coldwar-usa-composite-m2-bradley-ifv/> (Letöltve: 2025.06.10.)
- [7] Paone, Chuck: Composite Infantry Vehicle Unveiled. Army RD&A Bulletin. 1990. jan-febr. 29–31
- [8] NSIAD-92-94 Operation Desert Storm: Early Performance. United States General Accounting Office, 1992.01.10. <https://www.gao.gov/assets/nsiad-92-94.pdf> (Letöltve: 2025.09.20.)
- [9] The US Army's M2 Bradley Fighting Vehicle Summed Up in 4 Words. National Security Journal. <https://nationalecurityjournal.org/the-armys-m2-bradley-fighting-vehicle-summed-up-in-4-words/> (Letöltve: 2025.10.23.)
- [10] Bradley M2 Tracked Armored Infantry Fighting Vehicle. Army Recognition Group. <https://www.armyrecognition.com/military-products/army/infantry-fighting-vehicles/tracked-vehicles/bradley-m2-united-states-uk> (Letöltve: 2025.10.20.)
- [11] Bradley M2A2 ODS. Army Recognition Group. <https://www.armyrecognition.com/military-products/army/infantry-fighting-vehicles/tracked-vehicles/bradley-m2a2-ods> (Letöltve: 2025.10.20.)
- [12] Bradley M2A3 Infantry Fighting Vehicle tracked armored – United States. Army Recognition Group. <https://www.armyrecognition.com/military-products/army/infantry-fighting-vehicles/tracked-vehicles/bradley-m2a3-united-states-uk> (Letöltve: 2025.10.28.)
- [13] Army TB 55-46-1 Navy NAVFAC P-1055 Standard Characteristics (dimensions, weight, and cube) for transportability of military vehicles and other outsize/overweight equipment (in toe line item number sequence). <https://web.archive.org/web/20241206101009/https://www.sddc.army.mil/sites/TEA/Functions/SystemsIntegration/DataAndSysManagement/Documents/TB%2055-46-1%20-%202023.pdf> (Letöltve: 2025.10.28.)
- [14] Bradley Fighting Vehicle. BAE Systems. <https://www.baesystems.com/en/product/bradley-fighting-vehicle> (Letöltve: 2025.10.18.)
- [15] Did the M2 Bradley Fighting Vehicle Fail in Ukraine? National Security Journal. <https://nationalecurityjournal.org/did-the-m2-bradley-fighting-vehicle-fail-in-ukraine/> (Letöltve: 2025.10.18.)
- [16] The ‚New‘ Bradley A4 Infantry Fighting Vehicle Has the Army's Full Attention. National Security Journal. <https://nationalecurityjournal.org/the-new-bradley-a4-infantry-fighting-vehicle-has-the-armys-full-attention/> (Letöltve: 2025.10.18.)
- [17] M2A2ODS / M3A2ODS (Operation Desert Storm) Bradley. <https://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/m2a2ods.htm> (Letöltve: 2026.01.13.)

# A MAKETT



## ADATLAP

Készlet:	M2A2 Bradley w/ERA
Gyártó:	Dragon
Cikkszám:	7415
Lépték:	1:72
Anyagok:	műanyag, réz, gumi
Alkatrészszám:	kb. 100
Kiadási év:	2020 (szerszám: 2004)

## A TÉMA KIVÁLASZTÁSA

Az orosz–ukrán konfliktusban részt vevő harcjárművek rendkívül változatosak, mivel sokszor messziről is jól látható javításokon és helyszíni módosításokon estek át. Hasonló jelenség a legtöbb modern konfliktusban megfigyelhető, mindenhol a saját jellegzetességekkel. A háború aktualitása miatt eldöntöttem, hogy nem egy konkrét egység járművét építem meg, hanem egy olyan verziót készítek, amely hűen tükrözi ezen járművek különlegességeit. Az USA-ból frissen importált és immár az ukrán haderő részét képező M2A2 Bradley-k egyik jellegzetessége a kamuflázs mintázata: a legtöbb jármű a közel-keleti hadszíntérről ismert homoksárga színben érkezett, amit sokszor egyszerű maszkolással – vagy anélkül –, kevésbé precíz módon festettek át telizöldre, felemásra vagy éppen sehogy. Ez a réteg azonban gyorsan kopott, így egy-egy terepakadályon vagy bozótban való áthaladás után ismét kezdtek előtűnni az eredeti színek. Azt is eldöntöttem, hogy a modern hadviselésre jellemző újítást, a drónfogó

ketrecet már nem fogom megépíteni, mert túl sokat takart volna a legfontosabb elemekből – ahogy azt az eredeti is szolgálja a valóságban.

Ebben a projektben a Dragon 1:72 méretarányú M2A2 Bradley (cikkszám: 7415) makettjét alakítottam át egy Ukránába exportált gyalogsági harcjárművé. Ez a folyamat jelentős módosításokat és feljavítást igényelt, hiszen az alapként használt készlet fontos elemei nagyban eltértek a valóságtól.

## DOBOZBONTÁS ÉS ELSŐ BENYOMÁSOK

A Dragon készlete 2004-es kiadás, ami önmagában nem mond semmit, de az azóta eltelt időben a makettgyártás technológiája jelentős fejlődésen ment át, így a húsz évvel ezelőtti csúcsmakett felett kicsit eljárt az idő. A készlet egyik fő problémája az elnagyolt részletei: a futómű épp csak jelzésértékű; a gumiláncaltp már a dobozban megtekeredett; a kis alkatrészek aránytalanul vastagok. Félreértés ne essék, dobozból építve is megállná a helyét

6. ÁBRA. Ukrán Bradley 1:72-es makettje (A fotók Szabó Bence felvételei)



7. ÁBRA. Az arányokon jól látható, hogy az 1:72-es makettek hiteles részletezése és feljavítása méretük ellenére is lehetséges

## MAKETT



8. ÁBRA. A 3D nyomtatással előállított darabok

a vitrinben, azonban ezek a hiányosságok jó lehetőséget biztosítanak a feljavításoknak. Az alkatrészek vizsgálata során hamar világossá vált, hogy ha magam számára elfogadható végeredményt szeretnék kapni, számos elemet újra kell terveznem és saját gyártású, 3D nyomtatású kiegészítővel helyettesítenem.

### A 3D MODELLEZÉS ÉS NYOMTATÁS SZEREPE AZ ÁTALAKÍTÁSBAN

Évek óta foglalkozom 3D modellezéssel és nyomtatással, ezért természetes volt, hogy ebben a projektben is szerepet kap majd. Nehéz ezt összehasonlítani a hagyományos scratchbuilddel (vagyis a teljesen önálló, alapanyagokból való építéssel). Mindkettőnek megvan a létjogosultsága, de más jellegű gyakorlatot igényelnek. A makett vizsgálata során azonnal megkerestem azokat a pontokat, ahol szükség lesz javításra vagy teljes alkatrészcsereire. Ennek ellenére túlzásba sem szerettem volna esni, mert az a végletekig el tudja nyújtani az építési fázist.

A teljesség igénye nélkül a következő részeket terveztem újra és nyomtattam ki: egy teljes készlet T161-es lánctalpat; a meghajtó-, futó- és feszítőgörgőket; a toronykosarat, az antennatalpakat és a hátsó deszanttér ajtaját; a TOW rakétavetőt; az első sárvédőket és az oldalkötényeket.

### 3D TERVEZÉS ÉS NYOMTATÁS A GYAKORLATBAN

A makettezés világa folyamatosan fejlődik. A modern technológiák, például a 3D nyomtatás és szkennelés egyre nagyobb teret nyernek a mindennapi életben, ezáltal a makettezésben is hozzáférhetőbbek a nyomtatással készült kiegészítők vagy akár komplett szettek is. Az utóbbi években egyre több gyártó csomagol termékeik mellé 3D nyomtatással készült alkatrészeket is.

Eszközparkom legújabb tagja egy hobbicélú 3D szkener (Creality Raptor), amellyel apró alkatrészeket is rendkívüli pontossággal lehet digitalizálni. Egy ötforintos érmét beszkennelve például látszanak a fémbe lévő vésetek.

Ezt a projektet is ezzel kezdtem: az alváz ragasztás nélküli összeállítás után beszkenneltem az alapmodellt, hogy a módosításokat pontosan el tudjam végezni. A szkennelés már digitális térben forgatható 3D modellt eredményez, így az új alkatrészek tervezése során minden illesztés precízebb lehet, tolmérőt viszont mindenképp tartunk a közelben.

A műgyantás nyomtatás rendkívüli részletességet tesz lehetővé, akár 0,01 mm-es rétegvastagsággal is dolgozhatunk, ami a finom részletek elkészítésénél óriási előny. A méretarányból adódóan egyes megtervezett darabok mindössze 0,25 mm vastagságúak, így a nyomtatás során fontos volt a megfelelő 3D gyanta használata is; ez a kulcsa a legjobb végeredménynek. A legnagyobb előnye a technológiának, hogy olyan alkatrészek is legyárthatók, amiket fröccsönteni nem lehetne. A szemenkénti lánctalp a legjobb példa erre – ebben a méretben nem tudom elképzelni, hogy mi mással lehetne realiztikusan mozgó lánccokat gyártani. Az összes alkatrész megtervezése nagyjából 10-15 órát vett igénybe, majd kb. 10 órányi nyomtatás után már a kezemben is fogtam a kész darabokat. A nyomtatáshoz használt anyagok folyékony formában természetesen ártalmasak lehetnek az egészségre, így mindenképp fordítsunk fokozott figyelmet a megfelelő szellőzésre, a gumikesztyű használatára és a fröccsenésvédelemre. A műgyanta UV fény hatására keményedik meg, így lesz belőle kész munkadarab. Ezekkel minimális utómunka mindig van – a nyomtatási támasztórudakat (supportok) és az esetleges szemmel látható rétegvonalakat viszont sokkal könnyebb eltüntetni, mint a fröccsöntött darabok kilökötüske-nyomait.

### AZ ÉPÍTÉS FOLYAMATA

A munkát a már sokszor említett lánctalp és a futómű összeállításával kezdtem. Oldalanként kb. 400 alkatrészből áll, ennek összerakására el is ment egy egész nap. Cserébe nagyon szépen mozog. A kész maketten ebből termé-

szetesen semmi sem fog látszani, de most már az olvasó is tudja, hogy ott van.

A test építésénél az útmutató lépéseit követtem, azonban minden olyan alkatrészt, amely nem felelt meg a referencifotóknak – vagy a szubjektív minőségellenőrzéseimnek –, saját gyártású verzióra cseréltem. A részletesség érdekében a Hauler–Revell készlethez gyártott fotómaratást is felhasználtam, gyakran kombinálva azt saját nyomtatott alkatrészeimmel. Az egyik legjobb példa erre az oldalkötény, amit a vastagsága miatt modelleztem újra, erre maratásból kerültek fel a fogantyúk. A réz és a saját 3D-s kiegészítők, feljavítók ragasztásához pillanatragasztót használtam.

Ügyeltem arra, hogy az építés során a lehető legtöbb, számomra elérhető technikát alkalmazzam, miközben megtartottam a hagyományos tuningolási megoldásokat is. A koaxiális géppuskát injekciós tűre cseréltem, illetve néhány vékony elemet sztirollapból helyettesítettem, valamint a torony elején lévő ponyvát Green Stuffből formáztam meg. A fekete csúszásmentes bevonat a Mig Productions Anti-Slip pasztájából készült. Ezeket az apróbb feljavításokat meg lehetett volna oldani 3D nyomtatással is, de sosem szabad elfelejteni, hogy nem mindig az a legkézenfekvőbb megoldás.

Mielőtt a festési folyamatot részletezném, fontos megemlíteni, hogy egy makett festése számos különböző módon teheti azt érdekesebbé. Az első benyomás akkor éri az embert, amikor asztaltávolságból néz rá egy maketre, hiszen ekkor az összkép az, ami elsőként megragadja a figyelmet. Csak később, amikor közelebb hajolunk, fedezük fel a finomabb részleteket. Az emberi szem számára mindig az a legérdekesebb, amit szépnek lát, de nem tudja azonnal meghatározni, hogy milyen apró elemekből tevődik össze. 1/72-es méretarányban kifejezetten nagy kihívás ezt a vizuális hatást elérni, hiszen a részletek sokkal kisebbek, és minden egyes apró elemnek – vagy hibának – kiemelt szerepe van az összképben.

## ALAPOZÁS ÉS FESTÉS

A festés első lépése a makett előkészítése. Ennek során a felületek zsírtalanítása és alapozása kulcsfontosságú, hiszen ezek az alapvető lépések biztosítják, hogy a festék megfelelően tapadjon minden anyagon. Első lépésben világosszürke Mr. Surfacer 1500-as alapozót használtam. Ez ki is dobott néhány építési, felületi és ragasztási hibát, amelyeket kijavítottam, mielőtt a következő réteget felvittem volna. Ezután Mr. Surfacer Mahogany (sötétbarna) alapozót alkalmaztam, amely sötétebb alapszínt biztosított a modellnek, és segített a következő lépésben; így lehetőségem volt arra, hogy a világos alapszínek tudatos felvitelével hangsúlyozzam az árnyékos és fényes részeket, ami elengedhetetlen az 1/72-es méretarányban.

Az alapozás után az AK RC686A Carc Tan színt használtam a jármű fő színének. Ezt az árnyalatot vi-

szonylag egységesen alkalmaztam a maketten, de odafigyeltem arra, hogy a legsötétebb részeken ne fessek túl vastag rétegeket, így természetes árnyékhatást biztosítva a járműnek. Ezt követően még két réteg homokszínt vittem fel, amelyet fokozatosan világosítottam krémfehérrel. A világosítás során az elképzelt fényforrás irányába, főként a jármű felső részére koncentráltam, közel a panelek széléhez.

Ez a világosítási technika rendkívül fontos, mert lehetővé teszi, hogy a makett különböző paneljei és élei kiemelkedjenek, és a fények, illetve az árnyékok még természetesebbé váljanak. Az alapfestés után jött egy réteg Mig Productions koptatófolyadék (chipping fluid), amely segítette a kopások előállítását (lásd később). A referenciaanyagokból tudtam, hogy a harcéri használat során a zöld festék alaposan visszakopott, ezért elengedhetetlen volt ez a lépés. Ennek felvitele után kimaszkoltam a digitális kamuflázst, és az AK RC900 Forest Green zöld színt alkalmaztam, majd ezt is kivilágosítottam.

## A KOPÁS ÉS A WEATHERING

Miután a zöld festék megszáradt, elkezdtem a kopások megjelenítését. Ehhez egy merev sörtéjű ecsetet és vizet használtam. A koptatófolyadék után felvitt zöld színt a vizet ecsettel átdörzsöltem, míg vissza nem kopott a festék, így elértem a kívánt, képeken látott hatást. Ha valahol vastagabbra sikerült a fedőszínt felvinni, hegyes tűvel óvatosan rá lehet segíteni a koptatófolyadék munkájára. A kopásokat a referencifotók alapján próbáltam reprodukálni, figyelve arra, hogy a jármű mely részei voltak a leginkább igénybe véve.

Ezután 1:1 arányban kevert matt + félfényes lakkreteggel fixáltam az eddigi munkát. Ha valamilyen szín nem tetszett, itt volt a lehetőség, hogy olajfestékekkel vagy hígított enamel termékekkel filterezzem a színeket, azaz vékony, nagyon híg festékretegeket vittem még fel. Homokszárga filtert alkalmaztam a drapp (Tan) felületen, illetve olívdzöldet, hogy kiemeljem a zöld területek árnyalatait és finomabbá tegyem a színátmeneteket. Sötétebb zölddekkel és barnákkal, kicsit sűrűbbre kevert olajjal ilyenkor rá lehet dolgozni az árnyékos részekre is. Mindig vegyük

9. ÁBRA. Jól kivehetők a toronykosárban málházott holmik, az ukrán zászló, illetve a koptatás és a koszolás léptékhez igazodó mértéke



figyelembe, hogy a weathering befejezése után ezek a színek és kontrasztok tompulni fognak, így nyugodtan lehet egy fokkal erősebbre venni a koszolás előtti lépéseket.

Az egyik legkevésbé kedvenc technikám a kopások, karcolások festése. Ez egy rendkívül aprólékos munka, nagy türelmet igényel. Mivel nagyobb projektek esetén ez akár napokat is igénybe vehet, én szivacsból tépett darabokkal gyorsítottam a folyamatot. A kopás színéhez AK Interactive 3rd Gen Cremeweiß színt használtam, amelyet AK Drying Retarderrel hígítottam, hogy áttetszőbb hatást érjek el – ez segít abban, hogy a festett kopás optikailag ne „essen le” a makettől. Miután a festékbe mártott szivacsdarabokkal végigmentem minden panelen és élen, egy 2/0-ás ecsettel finomítottam a részleteken, emellett az éleket szárazecseteléssel is kiemeltam, ahol szükségesnek találtam.

A felségjeleket kézzel festettem fel, ahogy azt az eredeti példányokon is sokszor csinálták. A fényszórókat és lámpákat bevett módon készítettem el: belsejüket krómszínűre festettem, majd UV fényre keményedő áttetsző gyantával töltöttem ki a lámpatesteket. Ez a technika élethűen imitálja az igazi lámpákat. A periszkópok felületét hologramos körmös fóliából ragasztottam fel. Ezután az Abteilung 502 szépia olajfestékéből készítettem egy bemosót, amivel minden panelvonalat befuttattam. Figyeljünk arra, hogy ne az egész makettet áztassuk át, használjunk vékony ecsetet, hogy csak a kívánt helyre kerüljön bemosás, máskülönben az egész makettet be fogja sötétíteni az effekt. A lánctalpat először sötétbarnával alapoztam, amire rozsdaszínnel dolgoztam rá. A gumi-  
betéteket az AK új Rubber Black markerével (filctollával) festettem meg. A lánctalp és az oldalkötények felkerülése után a toronykosárba némi 3D nyomtatott málhát, a jármű hátuljára Green Stuffból gyúrt zászlót helyeztem el, hogy egy kis plusz színt vigyek az összképbe.

A makettemet téli környezetben képzeltem el, így a sár és a havazás hatásait igyekeztem minél élethűbben ábrázolni. A sötét talaj jó kontrasztot ad a járműnek is. A sár textúráját az AK Interactive Heavy Mud akril pasztájával hoztam létre, amit vízzel hígítva finomítottam, és felvittem a maketre azokon a pontokon, ahol az a valóságban is vastagon leragadna. A teljes száradást követően Tamiya Buff + szürke keverékével átködöltem a járművet, figyelve a koszosabb részek kiemelésére, hogy megadjam az alapot a többi enamel effektnek. A végleges színt AK Dust & Dirt Deposit, AK Fresh Mud, AK Heavy Mud és AK Wet Effects enamelekkel értem el, egymásra rétegezve azokat. Minél sötétebb színt használtam, annál kevesebbet vittem fel belőle a „legfrissebb” részek felé koncentrálni. Ne felejtjük el összhangban tartani a jármű tetejét az aljával!

Legvégül a vignettának álltam neki. Ennek a keretét 2mm vastag sztirol lapokból ragasztottam össze. Habszivacsból vázlatot vágtam, és a VMS Smart Mud 2.0 termékéből alakítottam ki a mini domborzatot. A járművön is használt színekkel, de sokkal inkább a sötétebbekre fókuszálva kezelésbe vettem a terepet. Végül egy kis extra kontraszt elérése érdekében AK Snow Sprinkles és AK Snow effekttekkel olvadásnak indult havat imitáltam. Miután minden részlet a helyére került, a makettet az alapra ragasztottam.

*A makettet a 2025-ös MosonShow Nemzetközi Makettkiállítás és Versenyen 1/72 harcjármű (1945 után) mester kategóriában, ill. a 2025-ös Bolyai Makettépítő Kupán 1/72 és kisebb harcjármű mester kategóriában aranyéremmel díjazták.*

*A technikatörténeti leírás Gávay György Viktor, az építési leírás Szabó Bence munkája.*



10. ÁBRA. Egy egyszerű vignetta is szépen kiemeli a témát

# MIRE A TÉMÁBÓL MAKETT LESZ ...

A makettgyártó ipar mindig is reagált a legjelentősebb politikai és popkulturális eseményekre. Más szóval a jelentős háborúk, illetve a népszerű filmek és sorozatok nyomot hagytak az egyre szélesedő makettkínálaton is – bár mindig eltérő mértékben. A legjobb példa erre a második világháború, amely hatásánál fogva a katonai vonatkozású termékínálatot évtizedeken át uralta (és uralja mind a mai napig). Persze speciálisabb példákat is találhatunk, akár már a hatvanas évekből is, amikor a nyugati világban komoly népszerűsége tett szert a makettezés. Ilyen termék volt az Airfix cég által 1967-ben kiadott 1:24-es léptékű autogyro, a James Bond-sorozat *Csak kétszer élsz* című epizódjából. Ugyanebben az esztendőben a Revell az akkor éppen Vietnámban debütáló AH-1G Cobra harci helikopter 1:32-es makettváltozatát jelentette meg. Az amerikai AMT és a Monogram a filmes felhozatalból válogatva a '80-as években a *Csillagok háborúja* járműveit, vagy a *Kék villám* és az *Airwolf* helikoptereit is kiadta.

A magyarországi makettezők a rendszerváltás éveitől kezdve már könnyebben követhették a kínálatot, amikor a hazai kis- és nagykereskedők egyre nagyobb számban jelentek meg. Számukra az első aktuálpolitikai indíttatású készleteket az 1991-es öbölháború nyomán történt kiadások jelentették, amelyek első képviselői egy-két éven belül már helyet is követeltek a katalógusokban. Természetesen az egyes gyártók nem voltak ugyanolyan mértékben aktívak e téren. Az akkor fiatal cégnek számító hongkongi Dragon például minden évben számos újdonsággal jelentkezett, és ezek közül több olyan is akadt, amelyet az öbölháború inspirált, a gyalogosoktól a repülőkhöz (ideértve például az 1:35-ös Scud-rakétát vagy a koalíciós figuraszorokat). Az egyik „nagy öreg”, a japán Tamiya ezzel szemben inkább csak a „kötelező lelkesedést” mutatva korábbi készleteket aktualizált, alapszínű változtatásokkal, néha közepes színvonalon (lásd például a *Challenger 2* harckocsi sivatagi verzióját). Magyar viszonylatban akkortájt volt még egy slágertéma, hiszen az ideológiai korlátok megszűnése, a hazai légierő jelzésrendszerének megváltozása, illetve a típusváltás nyomán több magyar vonatkozású matricakészlet is megjelent a HADmodels jóvoltából, s ez a vállalkozás azóta is lépést tart az eseményekkel (elég itt a Gripen- és Leopard-matricasorokra gondolni).

A tendencia az elmúlt néhány évben sem változott, noha a cégek reakcióideje és lendülete továbbra is igencsak eltérő. A Revell például a *Top Gun – Maverick* című filmet meglovgolva minimális ráfordítással 2020-ban kiadta néhány korábbi F-14-es és F/A-18-as készletét új dobozban és új, filmes matricakészlettel. Az ukrán ICM ennél jóval merészebb és aktívabb: eleve sokféle témával és műfajjal foglalkoznak, s igen gyakran adnak ki újabb készleteket. Olyan ritkaságokat vállaltak fel, mint a Délkelet-Ázsiában bevetett amerikai repülőeszközök (AH-1G, CH-54, B-26 stb.), a csernobili katasztrófa szereplői és járművei (mobil sugázmérő állomás vagy épp kitelepített civilek), de az orosz–ukrán konfliktus témájában is számos makettet adtak ki (a „Kijev szelleme” nevű MiG-29-estől az ukrán használatú Leopard 2 A6-ig). A kisszerű, műgyanta vagy 3D nyomtatott készleteket gyártó cé-



gek vagy magánemberek is jelen vannak a piacon: az egykori SEAL-mesterlövész, Chris Kyle figurája, nagy sikerű tévésorozatok szereplőinek mellszobra, esetleg a magyar használatú Leopard 2 harckocsik speciális alkatrészei is mind megtalálhatók a mára szinte átláthatatlanná váló kínálatban.

A makettezők érdeklődését értelemeszerűen befolyásolják a globális események, illetve a popkulturális újdonságok, hiszen manapság egy-egy háború képei órákon vagy napokon belül elérik a hírfogyasztókat, az új filmekről és sorozatokról pedig már megjelenésük előtt is könnyen tájékozódhatnak. Az ilyen tartalmak – például frissnek ható technikai megoldások vagy épp érdekes festési sémák – kétségtelenül megindítják egyes építők fantáziáját – már csak azért is, mert bizonyos témaköröket már unalmasnak találnak, és keresik az újdonságokat –, míg mások ezután is maradnak jól bevált témáiknál. Így tehát az, hogy az új tematikák megérintik-e annyira a vásárlókat, hogy ilyen készleteket be is szerezzenek, mindig kérdéses. Mert a döntés mindig a vevőé.

Az összefoglalót Havasi Máté készítette.



## PREFACE

- Padányi József: Young even at sixty

## STUDIES

- From stone fougasse to intelligent landmines, *Part 5*  
*Conventional landmines development after World War II*
- Specialised logistics equipment past and present, *Part 5*  
*Military fuel supply and refuelling trucks*
- Application of language models in cyber defence *Part 1*

## INTERNATIONAL MILTECH REVIEW

- The history of thermobaric weapons, *Part 2*
- A2/AD warfare in the Russo-Ukrainian war  
*Territorial denial on land, Part 2*

## SPACE ACTIVITIES

- The colour stereo camera, running Hungarian-developed software, has been operating in orbit around Mars for nearly ten years

## DOMESTIC SURVEY

- The importance of night combat capabilities on the modern battlefield, *Part 1*
- Plan or key to innovation  
*A Digital Combat Simulator*

## MILTECH HISTORY

- Nuclear submarines in the Royal Australian Navy Fleet, *Part 3*  
*The submarine branch of the Royal Australian Navy*

## MODEL

- The M2 Bradley fighting vehicle

# TABLE OF CONTENTS

<b>BEGRÜSSUNG</b>	4
▪ Prof. dr. József Padányi – Mit sechzig immer noch jung	4
<b>STUDIEN</b>	
▪ Von der steinstreuen Minen bis die intelligenten Landminen, <i>Teil V</i> <i>Entwicklung traditioneller Minen nach dem Zweiten Weltkrieg</i>	6
▪ Logistiktechnische Hilfsmittel einst und heute, <i>Teil V</i> <i>Kraftstoffliefer- und Betankungsfahrzeuge</i>	13
▪ Anwendung sprachlicher Modelle in der Cyberverteidigung, <i>Teil I</i>	20
<b>INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDSCHAU</b>	
▪ Die Geschichte der thermobaren Waffen, <i>Teil II</i>	28
▪ A2/AD-Kriegsführung im Russisch-Ukrainischen Krieg <i>Territoriale Verweigerung an Land, Teil II</i>	35
<b>RAUMFAHRTTECHNIK</b>	
▪ Die Farbstereokamera mit ungarischer Software im Orbit um den Mars ist seit fast 10 Jahren im Einsatz	42
<b>HEIMATSCHAU</b>	
▪ Die Bedeutung von Nachtkampffähigkeiten auf dem modernen Schlachtfeld <i>Teil I</i>	49
▪ Spiel oder Schlüssel zur Innovation? <i>Der Digital Combat Simulator</i>	55
<b>GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK</b>	
▪ Atom-U-Boote der Australischen Königlichen Marine, <i>Teil III</i> <i>U-Boot-Waffe der Australischen Königlichen Marine</i>	61
<b>MAKETTE</b>	
▪ Das Kampffahrzeug M2 Bradley	68

# INHALTSVERZEICHNIS



## 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 nevével lábjegyzetben fel kell tüntetni: a szerző ORCID-azonosítóját ([www.orcid.org](http://www.orcid.org) oldalon kérhető), továbbá a szerző munkahelyét, intézményi kötődését angol és magyar nyelven (illetve tudományos fokozatát – ha ilyenrel 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 (copyright) vonatkozó jogok és kötelezettségek, továbbá a tiszteletdíj a kiadói szerződésben kerülnek szabályozásra.

A cikkeket a [haditechnika@hmzrinyi.hu](mailto:haditechnika@hmzrinyi.hu) e-mail-címre várjuk. A Haditechnika folyóirat cikkeket 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, kézbesítőknel,

e-mailen: [hirlapelofizetes@posta.hu](mailto: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](mailto:bartha.cynthia@hmzrinyi.hu)

[ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu](mailto:ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu)

A folyóirat 2020 utáni számai elérhetők:

<https://kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT>

## A HADITECHNIKA MEGVÁSÁROLHATÓ

Lira Könyvruház, Récsce 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](mailto:ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu)

A címlapképünkön: Az amerikai szárazföldi haderő 3. gyaloghadosztályának 1. nehéz dandárharcscsoportjába beosztott 7. páncélos felderítő ezred M2A4 Bradley harcjárműve a NATO Észtországban rendezett *Winter Camp* gyakorlatán, 2025. febr. 3-án.

(Fotó: Nathan Arellano Tlaczani / Wikimedia)

Poszter: A magyar légierő Gripen vadászrepülőgépeit éjszakai gyakorlatra készítik elő a kecskeméti MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülőbázison, 2025. októberében.

(Fotó: Kertész László / MH Klapka György 1. Páncélosdandár)

Tisztelt Olvasóink!

Az orosz–ukrán háborúval foglalkozó különszámunk kapcsán az alábbi helyreigazítást közöljük.

Az 51. oldalon szereplő 3. ábrán nem ukrán, hanem orosz katona látható.

A 116. oldalon az 1. ábra képaláírása pontatlanul, a szerzők jóváhagyása nélkül került a végleges változatba.

A történekeért szerzőink – Prof. dr. Haig Zsolt ezredes, Szatmári Balázs százados, illetve Szatmári András százados –, valamint Tisztelt Olvasóink szíves elnézését és megértését kérjük!



KEDVENC LAPJAIT – KÖZTÜK A HADITECHNIKÁT – A LAPTAPÍR SZOLGÁLTATÁSÁVAL OLVASSA ONLINE ASZTALI VAGY TÁBLAGÉPEN, ILLETVE OKOSTELEFONON.

BÁRHOL, BÁRMIKOR ELÉRI: [LAPTAPIR.HU](http://LAPTAPIR.HU)



# A FELHŐSZOLGÁLTATÁSOK HASZNÁLATA



**A** felhőalapú szolgáltatások lehetővé teszik az adatok távoli elérését és megosztását. Felhőszolgáltatást használunk például, ha *Google Docs* dokumentumot készítünk vagy a *Microsoft Office 365* fiókunkból levelezünk, a *Dropbox* segítségével fájlokat osztunk meg ismerőseinkkel, vagy éppen ha az *iCloudba* mentük képeket, fájlokat.

## A FELHŐSZOLGÁLTATÁSOK VESZÉLYEI

Az adatainkat idegenek kezébe adjuk, aiktól egyszerre várjuk, hogy azokat tartsák biztonságban, de közben tegyék is elérhetővé számunkra. A rosszinulatú szereplők (hackerek) kihasználhatják a biztonsági hibákat a felhőkben. A felhőszolgáltatások így elérhetlenné válhatnak, az adatok illetéktelen kezekbe kerülhetnek, törölhetőnek vagy akár zsarolóvírus (ransomware) áldozatává válhatunk.

## ENGEDÉLYEK ÉS JOGOSULTSÁGOK KORLÁTOZÁSA

az adatok megosztásakor. A szükségtelen hozzáférési engedély visszavonása. A kezelői felületen általában ikonokkal jelölik, hogy egy fájl, mappa meg van-e osztva.

## RENDSZERES BIZTONSÁGI MÁSOLATOK KÉSZÍTÉSE

és biztonságos helyen tárolása. Így lehetséges az adatok visszaállítása, ha adatvesztés történik.

## Hogyan használjuk tudatosan a felhőt?

### MEGBÍZHATÓ ÉS HITELESÍTETT SZOLGÁLTATÓT VEGYÜNK IGÉNYBE.

#### Ezek jellemzői a következők:

- megfelelő biztonsági tanúsítványok és jogi előírások;
- nyilvános fórum, GYIK (gyakran ismételt kérdések) oldal, kapcsolattartási adatok;
- egyszerű kezelői felület (bonyolultabbnál nagyobb eséllyel hibázunk);
  - a szolgáltatás titkosítja az adatainkat és az adatátvitelt;
  - a szolgáltatás támogatja azokat az eszközöket, amelyeket használunk.

### ERŐS HITELESÍTÉS ÉS JELSZÓVÉDELEM:

erős, egyedi jelszó vagy jelmondat a belépéshez, illetve – ha van rá lehetőség – többfakoros hitelesítés beállítása.

### VÉGPONTI TITKOSÍTÁS ALKALMAZÁSA

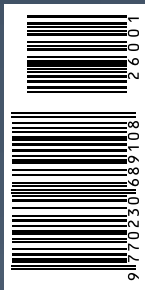
az adatok védelmére a felhőszolgáltatás használatakor, így akkor sem ismerhetők meg, ha illetéktelenek megszerzik azokat.

### FELHASZNÁLÁSI FELTÉTELEK MEGISMERÉSE

Ebben megtaláljuk például azt, hogy mely ország törvényei vonatkoznak az adott felhőszolgáltatóra, de azt is, hogy mihez adunk engedélyt a felhőszolgáltatónak.

**ELŐFIZETÉS MEGÚJÍTÁSA** (ha nem ingyenes): ennek hiányában akár meg is szűnhet a hozzáférés a felhőben tárolt adatokhoz.

**BIZTONSÁGI BEÁLLÍTÁSOK  
MEGISMERÉSE** és rendszeres felülvizsgálata.



# MEGJELENT a Haditechnika különszáma!

**136 oldalon** az orosz-ukrán háború  
haditechnikai hátteréről és harc-  
eszközéről - a drónoktól a hajókig.

Megrendelhető a  
[shop.hmzrinyi.hu](http://shop.hmzrinyi.hu)  
weboldalon,  
illetve megvásárolható  
a Zrínyi Kiadó boltjában  
(1024 Budapest, Fillér u. 14.)



ZRÍNYI KIADÓ