

A múlt, a jelen és a jövő fegyverei

HADITECHNIKA

2023/5

LVII. évfolyam 5. szám

Ára 520 Ft

Airbus H225M típusú helikopter



Posztermelléklettel!



**A MAGYAR HONVÉDSÉG
MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS
FOLYÓIRATA**
Az MTA IX. osztály Hadtudományi
Bizottsága által „A” kategóriába sorolt,
lektorált folyóirat

2023/5. szám.
LVII. évfolyam

A szerkesztőbizottság elnöke:
Dr. Porkoláb Imre dandártábornok
(a HM védelmi innovációért felelős miniszteri
biztosa)

A szerkesztőbizottság alelnöke:
Bárány Zoltán Gábor ezredes (MH HTP)

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

A szerkesztőbizottság tagjai:
Dr. Both Előd
(Magyar Asztronautikai Társaság)
Dr. habil. Gyarmati József ezredes (NKE HHK)
Prof. dr. Haig Zsolt ezredes (NKE HHK KMDI)
Dr. Hajdú Ferenc
Kaposvári László vezérőrnagy (HVK)
Prof. dr. Kiss Péter
(Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)
Prof. dr. Kovács László dandártábornok
Dr. Koller József dandártábornok
(MH LEP)
Könczöl Ferenc ezredes (MH LEP)
Lengyel Csaba ezredes (MH KIBP)
dr. Lippai Péter dandártábornok
(NKE HHK dékán)
Magyar Ferenc (ZalaZone)
Dr. Németh András alezredes (NKE HHK)
Prof. dr. Rohács József CSc. (BME)
Solymosi Ferenc ezredes (MH TTP)
Szakácsi István alezredes
(MH SZFP)
Dr. Trembeczki László András
(HM EI Zrt., HM CURRUS Zrt.,
HM ARMCOM Zrt.)

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

Felelős szerkesztő:
Végyvári Zsolt alezredes
(NKE HHK, MHTT, TÚK, MEE)

Szerkesztő:
Rojkó Annamária főtanácsos
(MÚOSZ, TÚK)

Katonai szerkesztő:
Druzsinn József őrnagy
(MHTT, TÚK, MKLE)

Szerkesztőasszisztens:
Drahos Gabriella (TÚK)

Kiadja
a Honvédelmi Minisztérium Zrínyi Geoinformációs
és Torozástámogató Közhasznú Nonprofit Kft.
1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7-9.
Postacím: 1276 Budapest 22, Pf. 85
Telefon: 336-2030, Fax: 336-2035

FÓKUSZBAN

Varga Béla: A gázturbinás
repülőgép-hajtóművek
fejlesztési irányai V. rész 5



Földi Ferenc: A Gepárd nagy
űrméretű puska fejlesztésének
története IV. rész 9



Lesták Tamás: Az orosz légierő
alkalmazása az orosz-ukrán
háborúban II. rész 25



Porkoláb Imre – Hennel Sándor
– Hegedűs Ernő: A Védelmi
Innovációs Kutatóintézet,
a NATO DIANA és a hazai
védelmi célú innováció új
rendszere I. rész 47



TANULMÁNYOK

Vasáros Gábor László: Orosz
zászlóaljharccsoportok szerepe
az elmúlt 8 év tapasztalatainak
tükrében I. rész 2
Farkas Zoltán: A világ
legütőképesebb harckocsijai
II. rész 15
Koch Máté: Mesterséges
intelligencia és szimuláció
I. rész 20

NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

Tóth András: Az orosz-ukrán
háború páncélos tapasztalatai
II. rész 30
Ocskay István: A legkorszerűbb
érezkelő eszközrendszerek 36

ŰRTECHNIKA

Kis Árpád: A lökéshullám
jelensége és jelentősége 40

HAZAI TÜKÖR

Szerényi-Salamon Tímea
– Somogyi Zoltán: A Magyar
Honvédség légi tűzoltó
képességének fejlesztési
lehetőségei 51
Hegedűs Ernő: Szálerősítéssel
anyagok 3D-s nyomtatásának
hadiipari alkalmazási
lehetőségei II. rész 57
Horváth Gábor: Forradalmasított
hadviselés: Neumann János
haditechnikai hagyatéka 65

HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

Sarus Ferenc: A Mészáros
hadigőzös I. rész 70
Somkutas Róbert: A német
alárendeltségbe léptetett
magyar királyi I. gyorsadtest
tevékenysége V. rész 73

Olvasószerkesztő: Kádár M. György ■ **Nyomdai előkészítés:** HEXACO GNH Kft.

Nyomtatás: HM Zrínyi Nonprofit Kft. ■ **Felelős vezető:** Kulcsár Gábor ügyvezető

A **Haditechnika** kéthavonként nyomtatásban megjelenő folyóirat.

A szerkesztőség elérhetőségei:

1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7-9. ■ Telefon: +3630-773-7494 ■ haditechnika@hmzrinyi.hu
kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT; <https://www.facebook.com/HTfolyoirat/>

INDEX: 25381 ■ ISSN 0230-6891 (Nyomtatott) ■ ISSN 1786-996X (Online)

Vasárus Gábor László*

Orosz zászlóaljharccsoportok szerepe az elmúlt 8 év tapasztalatainak tükrében

I. rész

A BTG-K KIALAKULÁSA, ELMÉLETI ALAPOK

A BTG (БТГ – Батальонная тактическая группа, angol elnevezéssel: Battalion Tactical Group), azaz zászlóaljharccsoport az egyes dandárok harcokcsi- és lövészsorozatából, tüzerütegeiből, valamint egyéb harctámogató és szakcsapataiból összeállított összefegyvernemi alkalmi harci kötelék, amelynek története az 1980-as évekig vezethető vissza. Az orosz szárazföldi erők mellett, 2015 óta a légideszant csapatok (ВДВ; ВДВ – Воздушно-десантные войска) és a haditengerészeti gyalogság (МРР; МПР – Морская пехота России) egységei is alkalmazzák a BTG-eket Kelet-Ukrajnában. [1] E katonai alakulatokkal kapcsolatos tapasztalatok elemzése azonban a 2022. évi agresszió révén kapott jelentős figyelmet. Jelen tanulmány célja a 2015 és 2022 augusztusa közötti események alapján kialakított általános kép felvázolása a BTG-k szervezeti felépítéséről, és adalékok szolgáltatása a későbbi műveletek értékeléséhez.

Korunk konfliktusaiban a harc helyzetet dinamikus változásai megkövetelik a gyors reagálást, a decentralizált vezetést és a fegyvernemek jól koordinált, a folyamatosan változó taktikai helyzethez igazodó összehangolt harcát. Az elmúlt évtizedek hadműveleteiben a hangsúly az alacsony intenzitású, gyakran irreguláris erőkkel vívott, sokszor beépített területeken zajló harcok felé tolódott. Általában kevésbé jellemzőek a jól meghatározható, összefüggő frontvonalak, (bár Ukrajnában nem ez a tapasztalat) inkább számos eltérő jellegű, a gyakran nehezen felderíthető és beazonosítható célok leküzdése a különböző fegyverrendszerek összehangolt alkalmazását követelik meg a megfelelő tűzhatás kiváltása érdekében. [2]

Ugyanakkor, amennyiben a BTG nagyobb mélységben hajt végre feladatot – esetenként kisebb harccsoportokra osztva – akkor ezeknek az egységeknek elegendő utánpótlást is kell szállítaniuk, különösen olyan körülmények között, amikor a főerőktől tartósan elszakadva, több feladatot

kell megoldaniuk, mint amennyit a korábbi dandár-zászlóalj szervezet eléírt. Az 1980–2000 közötti technológiai fejlődés, így a nagy pontosságú, nem nukleáris fegyverek elterjedése, a modern kommunikációs rendszerek és az automatizált vezetési és irányítási rendszerek lehetőségei jelentős hatást gyakoroltak az operatív vezetés lehetőségeire. [3; 1–3. o.]

A harcoló alegység parancsnoka – az előjárótól kapott tér- és időkeretek között – tudja a leghatékonyabban meghatározni a különböző eszközök legoptimálisabb használatát. Ezért a járművek és az eszközök azonnali alkalmazhatóságának megteremtése a közbenső, az előjárói döntések nélkül (küldetésorientált vezetés) is szükséges. Ennek megfelelően a harcoló alegység/egység rendelkezik a szükséges harctámogató (tüzérség, műszaki stb.) és egyéb szakcsapattal (pl. logisztika), amelyek erélyes, dinamikus bevetésével jóval hamarabb döntést érhet el, mintha például egy hadosztály önálló tűzérdandárjától kellene támogatást igényelni. Az orosz hadvezetés válasza e kihívásokra a zászlóaljharccsoportok kialakítása volt. [4]

A BTG evolúciója hosszú, soklépcsős folyamat volt. A szovjet haderő többször megpróbált állandó összefegyvernemi zászlóaljakat létrehozni integrált harcokcsi- és gépesített lövészsorozatból, valamint tűzérségi ütegekből, de a logisztikai hiányosságok és az összevont kiképzés lehetőségeinek korlátai megghiúsították az erőfeszítést. Később az afganisztáni veszteségek miatt, csupán a lövész zászlóaljakba sikerült 1987-re integrálni egy-egy harcokcsiszázatot és önjáró tűzérségi eszközöket. [5; 4–5. o.]

Jurij Balujevszkij tábornok, akkori vezérkari főnök szerint a csecsenföldi események azt mutatták, hogy az összefegyvernemi és önálló hírszerző, híradó, logisztikai képességekkel rendelkező kisebb harcászati alegységek sikerebben működtek a helyi konfliktusokban. E tanulság nyomán fontolgatták annak lehetőségét, hogy eltávolodjanak a szigorú szervezeti és személyzeti struktúráról. [6]

ÖSSZEFOGLALÁS: A BTG (БТГ – Батальонная тактическая группа; Battalion Tactical Group), azaz a zászlóaljharccsoport egy összefegyvernemi ideiglenes katonai egység, amelynek szervezeti felépítése az elmúlt évtizedek tapasztalatai alapján, a 2010-es évek létszámihiányához igazodva alakult ki az orosz hadseregben. A jelen tanulmány célja a 2015 és 2022 augusztusa közötti események alapján kialakított általános kép felvázolása a BTG-k szervezeti felépítéséről, és adalékok szolgáltatása a későbbi műveletek értékeléséhez. Bár a 2022. évi háború első napjaiban, a kelet-ukrajnai harcokban sikeresen oldották meg a támadó műveleteket, a nagy tüzer és a jelentős mobilitás révén azonban bizonyos hiányosságok is felszínre kerültek. A hadrendi formáció mögött álló elképzelés helyesnek tűnik, azonban tovább fejlesztendő.

KULCSSZAVAK: orosz–ukrán háború, zászlóalj, harccsoport, hadrend, haderőreform

ABSTRACT: The BTG, or Battalion Tactical Group, is a combined-armed formation. The organizational structure of the BTGs was developed in line with the experience of the past decades, adapting to the manpower shortage in the Russian army in the 2010s. The purpose of this study is to outline the general picture of the organizational structure of the BTGs based on the events between 2015 and August 2022, and to provide supplements for the evaluation of subsequent operations. The BTGs successfully conducted offensive operations due to their significant firepower and mobility in the conflicts in Eastern Ukraine and in the early days of the 2022 war. However, certain shortcomings also surfaced. Therefore, while the concept behind the tactical formation appears sound, it needs further development.

KEY WORDS: Russo-Ukrainian war, Battalion, Tactical group, Order of battle, Military reform

* PhD., tudományos munkatárs, Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont, Regionális Kutatások Intézete ORCID: 0000-0001-5375-9107

1. táblázat. A kialakítható BTG-k elméleti száma és területi eloszlása 2018 végén (A szerző szerkesztése az [5] alapján)

Katonai terület	Nyugati	Déli	Központi	Északi	Keleti	Összesen
Szárazföldi erők (SV)	40	24	18	4	24	110
Tengerészgyalogság (MPR)	2	4	–	2	4	12
Légideszant-alakulatok (VDV)	12	6	2	–	4	24
BTG-k száma összesen	54	34	20	6	32	146

Később a közel-keleti konfliktusok tapasztalatai, valamint az Egyesült Államok által vezetett iraki háború felhívta a figyelmet a hibrid és alacsony intenzitású háborúk sajátosságaira (bár az amerikai terrorizmus elleni háború nem minősül hibrid háborúnak) és a helység-harc jelentőségének fokozódására. A 2008. évi georgiai harcok során az orosz haderő a fegyvernemek századaiból ad hoc módon, a műveleti területen alakított ki összefegyvernemi zászlóaljakat. Az orosz érdekszféra déli területein a földrajzi adottságok a kisebb alakulatok bevetésének kedveztek, de az összeszokottság hiánya és vezetési nehézségek miatt nem tudták maradéktalanul kiaknázni képességeiket. [7]

2008 októberében Anatolij Eduardovics Szergyukov védelmi miniszter „állandó készenléti”, hivatásos állományú ezredek létrehozásával kívánta a hadsereget korszerűsíteni. Az átalakítás célja az volt, hogy a tisztai állomány 61%-os csökkentése mellett kisebb létszámmal, de a hivatásos állomány arányát megnövelve hozzanak létre haderőt. Ezzel a hadrendben lévő szervezeti egységek számát közel a tizedére lehetett csökkenteni. [8]

Fontos tényező volt, hogy az altisztek és részben a legénységi állomány igen alacsony létszáma az orosz hadseregben korlátozó faktor. Ezért a gépesített lövészek és szakaszok számának növelése helyett célszerűnek tűnt a tüzérő növelése a zászlóaljak harcértékének megtartása érdekében. További fontos tényező, hogy az orosz hadsereg máig alapvetően a vasúti szállításra alapoz, és egy zászlóalj ellátása könnyebben megoldható a kisebb kapacitású mellékvonalakon is. A tapasztalatok alapján a konfliktusok rövid, nagy tüzérőt igénylő intenzív szakasz után tartósan alacsony intenzitású és jellemzően aszimmetrikus harcokban folytatódtak, ezért a BTG-k kialakításakor ez kiemelt szempontot jelentett. Ugyanakkor a BTG-k nem önálló alakulatok, hanem a dandárok bázisán létrehozott, olyan, összefegyvernemi képességekkel rendelkező alkalmi kötelékek, amelyek képesek harcászati és hadműveleti feladatok önálló végrehajtására. [9, 13–25. o.]

2012 novemberében – személyi változásokat követően – új irányt vett a fejlesztési folyamat. A Szergej Kuzsuetovics Sojgu által fémjelzett reform keretében csak a zászlóaljak kis részében szolgált hivatásosok, azonban nagyobb számú egység kerülhetett így kialakításra (1. táblázat). Ennek oka a haderő minden területét érintő létszámihiány volt. Emiatt a hivatásos állománnyal feltöltött BTG-k harcértéke igen magas, de az évenkénti sorozás vagy mozgósítás során feltöltöttek esetében a képzettség jóval szerényebb. [9, 13–16. o.]

A BTG-K SZERVEZETI FELÉPÍTÉSE

A szervezeti kialakítást körvonalazó alapvető elképzelések a következőkben foglalhatók össze: támadás során a BTG parancsnoka – a terepadottságoknak és a harc helyzetnek megfelelően – helyben tudja vezetni és koordinálni a pán-

celosok támogatásával rohamozó szakaszait. Azonnal, közbeni lépcsők nélkül csapatokat rendelhet el a tüzérségi ütegeknek, ezáltal gyorsan reagálva és a szükséges átcsoportosításokkal, manőverrel áttörést kísérhet meg. Lehetősége nyílt egy-egy objektum vagy terepszakasz tűzzel való lefogására, biztosítására, vagy területűzzel a saját erők szétbontkozásának támogatására. Mindez segíti a parancsok dinamikus végrehajtását. [10; 38–41. o.]

Védelmi harc során a BTG gépesített lövészsorozatokat támogatják a harcokocsizakaszok, továbbá a tüzérségi ütegek csapást mérhetnek az ellenséges felvonulási területekre és a szétbontkozási terepszakaszaira, ezáltal feltartóztatva a támadót, vagy megtörve a támadás lendületét. A nagy tüzerejű páncélelhárító és légvédelmi egységek kiemelt jelentőségűek, különösen védelemben. Mindemellett mélységi műveletek során a közutakon gyorsabban mozgó BTR (БТР – Бронетранспортёр) páncélozott szállító harcjárművek különböző változataival felszerelt század – amennyiben az adott BTG rendelkezik ilyen eszközökkel – és a felderítő szakasz az összekötő és biztosító feladatokat is el tudja végezni szükség esetén. Ugyanakkor a BTG mindössze 3 lövészsorozatára az orosz haderő akkoriban jellemző létszámihiány ellenére is feltölthető volt. [5; 2–5. o.]

A BTG-k kis létszámú törzzsel rendelkeznek, mert a zászlóaljak rugalmas vezetéséhez szükséges változásokat csak részben vezették át az Orosz Föderáció katonai doktrínájába. A bevetések terveit a dandártörzs dolgozza ki, a begyakorolt előírásokban szereplő műveletek alapján, a BTG vezetése a bevetéseket szigorúan betartva hajtja végre. [11] Továbbá e kevés tisztre hárul a BTG vezetése, a döntéselőkészítés. [12]

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Angevine, R., Warden, J. K., Keller, R., Frye, C. „Learning Lessons from the Ukraine Conflict, Tech. Rep. NS D-10367”, *Institute for Defense Analyses*, 2019.
<https://nsiteam.com/social/wp-content/uploads/2019/07/NS-D-10367-Learning-Lessons-from-Ukraine-Conflict-Final.pdf> (Letöltve: 2023.2.3.);
- [2] Barabanov, M. „Changing the Force and Moving Forward After Georgia.” In: *Brothers Armed: Military Aspects of the Crisis in Ukraine*, ed: Howard, C. – Ruslan Pukhov, R. (Minneapolis: East View Press, 2015) pp. 91–123. ISBN: 9781879944657;
- [3] Fox, A. C. „Reflections on Russia’s 2022 Invasion of Ukraine. Land warfare paper 149.” *The association of the united states army*. 2022 p. 11.
<https://www.ausa.org/publications/reflections-russias-2022-invasion-ukraine-combined-arms-warfare-battalion-tactical> (Letöltve: 2023.2.3.);



- [4] Bartles, C. K. „Russia’s Indirect and Asymmetric Methods as a Response to the New Western Way of War”, *Special Operations Journal*, 2016. <https://doi.org/10.1080/23296151.2016.1134964>;
- [5] Fiore, N. J. „Defeating the Russian Battalion Tactical Group”. *Armor*, 2017. pp. 9–17. <https://www.benning.army.mil/armor/eARMOR/content/issues/2017/Spring/2Fiore17.pdf> (Letöltve: 2023.2.7.);
- [6] Chernyak. I. „Юрий Балуевский раскрыл военные тайны” *RG.ru* 2005, <http://www.rg.ru/2005/11/01/baluevsky.html>(Letöltve: 2023.2.10.);
- [7] Fox, A. C. „Russian Hybrid Warfare and the Re-emergence of Conventional Armored Warfare: Implications for the U.S. Army’s Armored Force”. *Armor*, 2016. https://www.benning.army.mil/armor/eARMOR/content/issues/2016/JUL_SEP/3Fox-Russia16.pdf (Letöltve: 2023.3.2.);
- [8] McDermott, R. N. „The Reform Of Russia’s Conventional Armed Forces: Problems, Challenges, & Policy Implications”, (Washington: Jamestown Fo. 2011) ISBN: 9780983084228;
- [9] Giles, K. „Russia’s ‘New’ Tools for Confronting the West: Continuity and Innovation in Moscow’s Exercise of Power”, (London: Chatham House, 2016) <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/publications/2016-03-russia-new-tools-giles.pdf> (Letöltve: 2023.2.13.);
- [10] Grau, L. W. Bartles, C. K. „The Russian Way of War”, (Fort Leavenworth: Foreign Military Studies Office, 2018). <https://www.armyupress.army.mil/portals/7/hot%20spots/documents/russia/2017-07-the-russian-way-of-war-grau-bartles.pdf> (Letöltve: 2023.2.13.);
- [11] Mitrovic, M., Bojanic, D. „Battalion tactical groups of the russian armed forces in the altered physiognomy of modern conflicts”. *Vojno Delo*. 2021, <https://doi.org/10.5937/vojdelo2102124M>;
- [12] Grau, L. W., Bartles, C. K. „Getting to Know the Russian Battalion Tactical Group.”, RUSI, 2022, <https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/getting-know-russian-battalion-tactical-group> (Letöltve: 2023.2.9.);

A HADITECHNIKA FOLYÓIRAT

korábbi számai megvásárolhatók:

Líra Könyvruház, Récsei Center 1146 Bp., Istvánmezei út 6., (telefon: 411-1543);
 Stúdió könyvesbolt 1138 Bp., Népfürdő u. 15/D, (telefon/fax: 359-1964, 359-6461);
 HM Zrínyi Nonprofit Kft. Ügyfélszolgálat (Budapest II., Fillér u. 14.)
 Nyitvatartás: H.–P. 9–15 óra ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu.

Legyen a törzsolvásónk!

A Haditechnika évente hat alkalommal tárja a múlt, a jelen és a jövő fegyvereit az olvasók elé. A folyóirat rendszeresen bemutatja a Magyar Honvédség legkorszerűbb eszközeit; tanulmányaink szerzői az egyes fegyvernemek neves szakértői. Az hazai fejlesztések mellett kitekintünk a nemzetközi szintre és az űrtechnika világára is. A Haditechnikát azok az olvasók is kedvenc lapjukként forgatják, akiket elsősorban a haditechnika-történet érdekel.

Nyomtatott lapszámaink kaphatók az újságárusoknál.

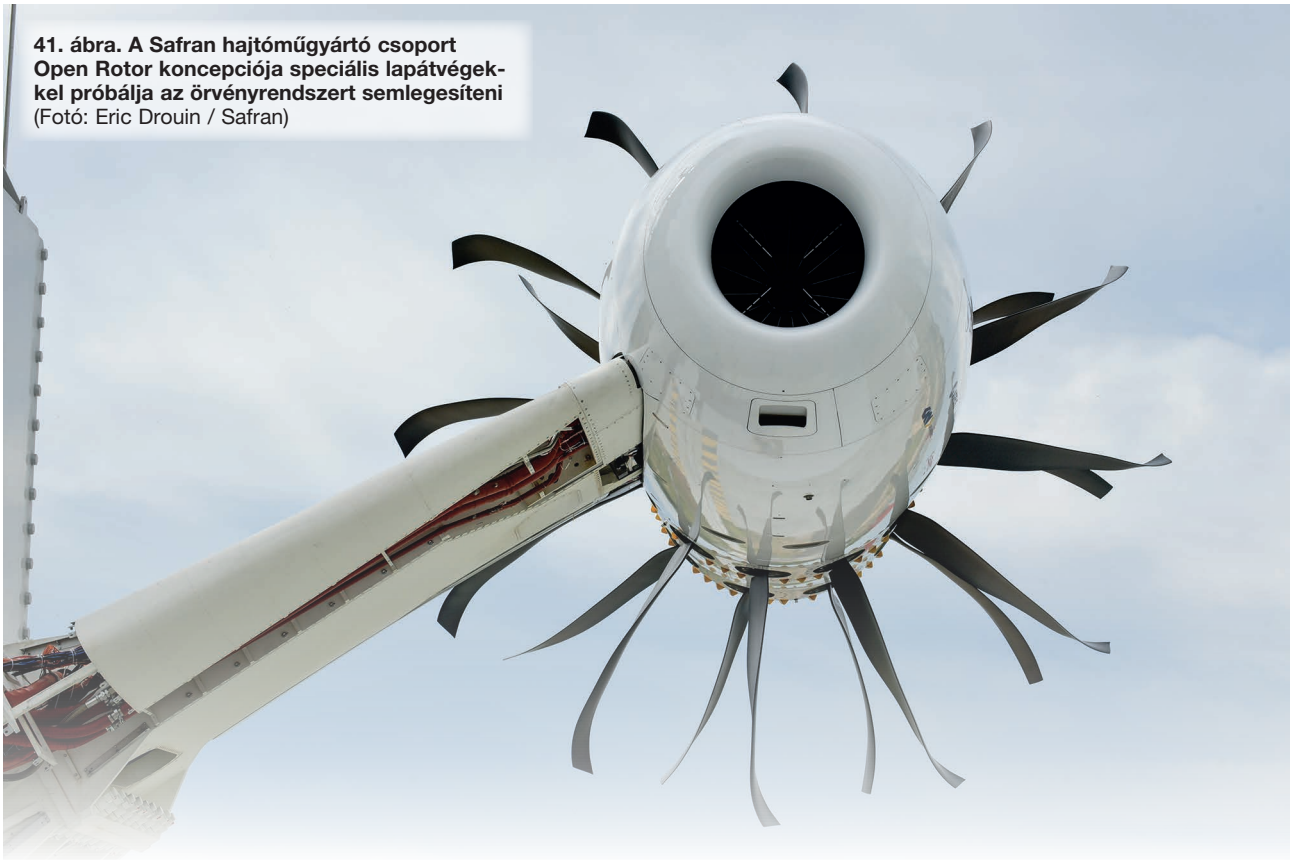
Folyóiratunk előfizethető a Zrínyi Kiadónál és a Magyar Postánál.

Lapunk digitális változata – földön, vízen, levegőben – akár okostelefonon is olvasható a Laptapír felületén.

Legyen Ön is a törzsolvásónk, kövessen a Facebookon a <https://www.facebook.com/HTfolyoirat/> oldalon!



41. ábra. A Safran hajtóműgyártó csoport Open Rotor koncepciója speciális lapátvégekkel próbálja az örvényrendszert semlegesíteni (Fotó: Eric Drouin / Safran)



Varga Béla*

A gázturbinás repülőgép-hajtóművek fejlesztési irányai V. rész

A hajtóműfejlesztésekkel kapcsolatos kihívások

A szerző cikksorozatában bemutatja a propulziós rendszerek működését, a tolóerő keletkezésének összefüggéseit, ezen belül részletesen foglalkozik a gázturbinás propulziós rendszerek típusaival, és szerkezeti kialakításukkal. Tárgyalja a hajtóművek fejlesztésének és a klímaváltozás miatt is fontos szén-dioxid-kibocsátás összefüggéseit. A tanulmány negyedik részében elméletben kifejtett hajtóműfejlesztési lehetőségek közül, a szerző az ötödik részben részletesen bemutatja az Open Rotor koncepció, a köztes visszahűtött és hőcserélős hajtóművek, valamint a határréteg-elszívás megoldásait, mint a fejlesztés lehetséges irányait.

OPEN ROTOR²¹

Az Open Rotor ötlete nem új, tulajdonképpen csak felfrissítése egy korábbi Propfan vagy Unducted Fan megneve-

zésű, sokat ígérő fejlesztésnek. Ezeknek a hajtóműveknek a kutatásával és alkalmazásával az Egyesült Államokban – az 1973-as olajárrobbanás következtében – az 1970-es és '80-as években nagyon intenzíven foglalkoztak. Ennek eredményeként született a General Electric GE-36 hajtómű, amelyet egy McDonnell Douglas MD-80 típusú repülőgépre építve repültek a Farnborough-i Nemzetközi Repülőnapra 1988-ban (42. ábra). A hajtómű alkalmazásával a korabeli hajtóművekhez képest 25-30%-os tüzelőanyag-megtakarítást értek el, de az akkori zajnormákat a hajtómű nem tudta teljesíteni. Végül a technológiai és gazdasági kockázat, a zajszint, a közvélemény elutasítása és az üzemanyagárak csökkenése a projekt iránti érdeklődés csökkenéséhez vezetett.

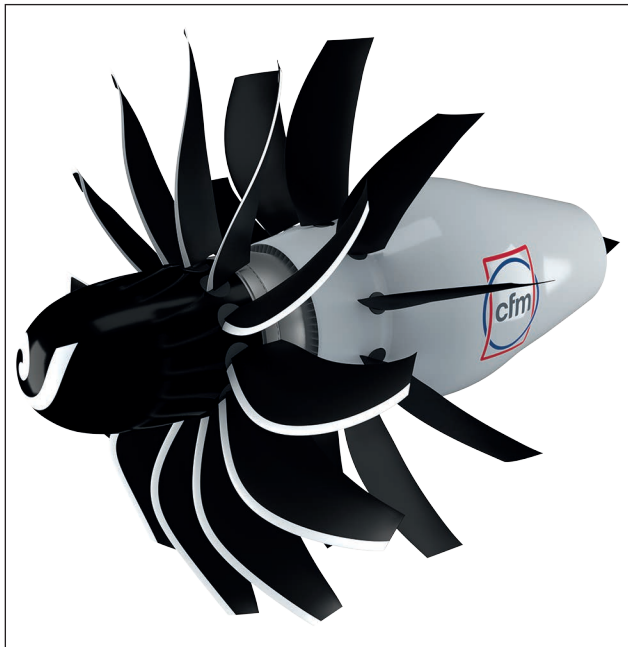
Manapság azonban – főleg a széndioxid-kibocsátás, illetve a klímaváltozás miatti aggodalmak – ismét e koncepció felé terelte a hajtóműtervezéssel foglalkozó szakemberek figyelmét. (41. ábra) A tüzelőanyag-hatékonyságot te-

* Alezredes (PhD), egyetemi docens, NKE HHK Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék ORCID: 0000-0003-3454-0825



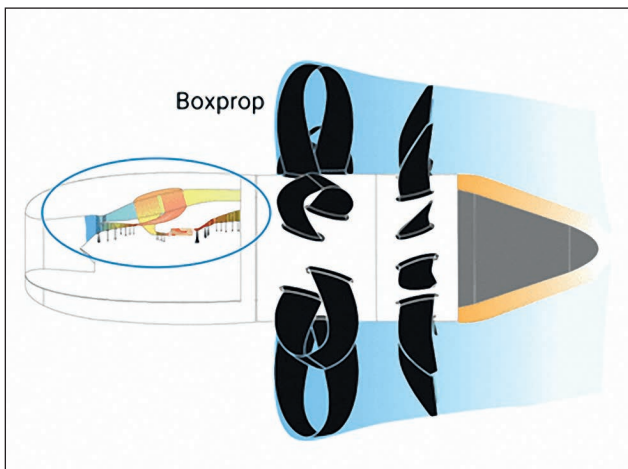


42. ábra. A General Electric GE-36 UDF [48]



43. ábra. 2021. június 14-én a CFM – a Safran és a General Electric Aviation vegyesvállalata – bemutatta az Open Rotor koncepció által ihletett RISE (Revolutionary Innovation for Sustainable Engines) programot, amelynek célja a CO₂-kibocsátás 20%-os csökkentése a jelenlegi hajtóművekhez képest (Fotó: Safran)

44. ábra. A dobozlégcsavar szerkezeti kialakítása [51]



kintve ezeknél a hajtóműveknél még a mai korszerű reduktoros, nagy kétáramúsági fokú hajtóművekhez képest is kb. 15%-os fogyasztáscsökkenést predesztinálnak. [49] A tüzelőanyag-fogyasztás csökkenését a két nagy átmérőjű, ellenforgó lapátkoszorú eredményezi a propulziós hatásfok növelésén keresztül. További pozitív hatást jelent a külső áram burkolatának hiánya, amely ellenálláscsökkenéssel jár, ugyanakkor ez okozza az alkalmazást nehezítő nagy zajterhelést is. Egyrészt a zaj fő forrása, hogy az első lapátsor lapátvégeiről leváló örvénysort átmettszi a második lapátsor (43. ábra), másrészt a külső áram burkolatának hiánya miatt semmi nem tompítja a keletkező zajt.

A tervezők többféle megoldással próbálkoznak az örvényrendszer semlegesítése vagy legalábbis gyengítése érdekében. Ezek egyike a lapátvégek winglet-szerű kialakítása, amely jelentősen gyengíti a leváló örvénysor erejét. (41. ábra)

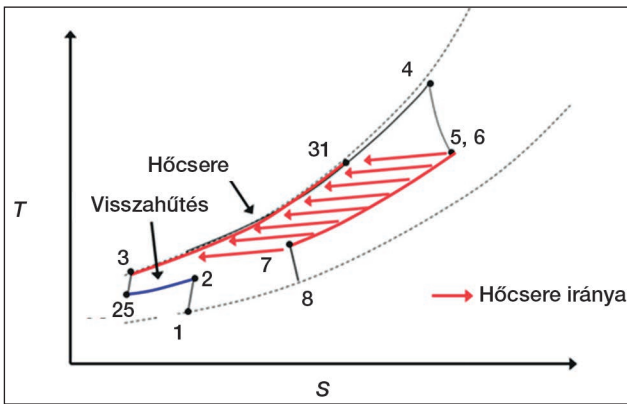
Az Ultimate program részét képezi a Boxprop (dobozlégcsavar) koncepció, amely szintén a zaj csökkentésére irányul. A koncepciót, amely páronként a lapátvégeknél csatlakozó mellső és hátsó lapátból áll, (formailag hasonlít egy dobozszárnyhoz), Richard Avellan és Anders Lundblad 2009-ben olyan megoldásként fogalmazta meg, amely a hagyományos lapátokhoz képest jelentősen csökkenti a lapátvégi örvények erősségét. (44. ábra)

Ez a megoldás növeli a hatásfokot, alacsonyabb interakciós zajkibocsátást és nagyobb szerkezeti merevséget eredményez. A nagyobb szerkezeti merevség lehetővé teszi a Boxprop lapátsor előre nyilazását, növelve a távolságot a hátsó, ellentétesen forgó lapátsor között. Ez a megnövelt távolság lehetővé tenné a lapátvégi, legöngyölődő örvénysor további gyengülését, amely a zaj szempontjából is előnyös. [50] Az Open Rotor-os hajtóművek rendszerbe állítását 2030 körül tervezik, de korántsem biztos, hogy a Boxprop elrendezést is alkalmazzák majd.

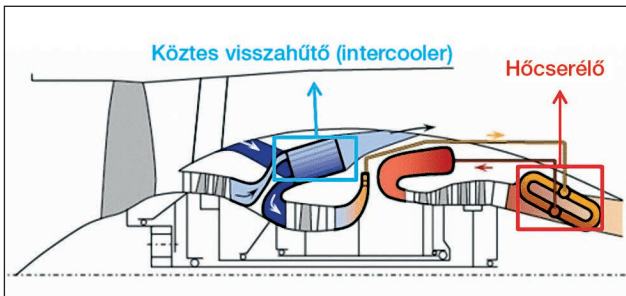
KÖZTES VISSZAHÚTOTT ÉS HŐCSERÉLŐS HAJTÓMŰVEK²²

A köztes visszahűtött hőcserélős hajtóművek (Intercooled and Recuperated Aero-engine – IRA) – ellentétben a Geared Turbofan és az Open Rotor hajtóművekkel –, a propulziós hatásfok helyett a hajtómű körfolyamatán keresztül, a termikus hatásfok javítását célozták meg. Több kutatási projekt is foglalkozott és foglalkozik ezzel az elgondolással, többek között az MTU Aero Engines AG²³ és a LEMCOTEC²⁴ európai kutatási projekt. Ez teljesen érthető, mert bár az alapelv egyszerű, de a megvalósítás rendkívül összetett. Nyilvánvaló, hogy a fúvócsövön kiáramló magas hőmérsékletű gázzal nagy energiát veszünk. A kompresszió során a köztes visszahűtés sem új megoldás, de annak már egy működő struktúrába történő beillesztése úgy, hogy sem a tömeg, sem a méret, sem az áramlási veszteségek ne nőjenek, rendkívül bonyolult feladat.

A körfolyamat T-s diagramját²⁵ a 45. ábra, míg a hajtómű sematikus vázlatát a 46. ábra szemlélteti. A diagramon jól látszik a változás a hagyományos Brayton-körfolyamathoz képest. A körfolyamat jellegzetes pontjainak számozása megegyezik a hajtómű sematikus ábráján a megfelelő keresztmetszetek számozásával. A legelső különbség egy hagyományos nagy kétáramúsági fokú hajtóműhöz képest az intercooler (hőcserélő), amely a kisnyomású kompresszorból kilépő áramot hűti a külső áram levegőjével (2–25) pontok között. Ennek eredményeként a nagynyomású kompresszormunka kisebb lesz ugyanolyan nyomásviszony létrehozásához. Az égőtérben azonban alacsonyabb



45. ábra. Hőcserélős, visszahűtött hajtómű körfolyamatának T-s diagramja (A szerző szerkesztése [52] alapján)



46. ábra. Köztes visszahűtő (intercooler) és hőcserélős hajtómű sematikus szerkezeti vázlata (A szerző szerkesztése [52] alapján)

hőmérsékletéről (3 pont) kell elkezdni az izobár hőközlést, amely többlet tüzelőanyag-felhasználást jelent. Így az intercooler önmagában nem sok segítséget jelent. Másrészről azonban a hőcserélő (recuperator) segítségével a (6–7) pontok között a forró égéstermék hője (a nagy része már veszteség-hő lenne) visszakerül az égőtér elé a (3–31) pontok között, így a tüzelőanyag égőtérben történő elégetésével csak a (31–4) pontok közötti izobár hőközlés hőjét kell lefedni.

Természetesen ezt a (6–7) pontok közötti hőt nem lehet teljes egészében visszajuttatni, hiszen maga a hőcserélőben lejátszódó folyamat is veszteséges.

A jelen projektek fő célja éppen a jó hatásfokú, kis tömegű, kompakt és kis áramlási veszteséggel járó hőcserélő tervezése. Ebben nagy szerepe van a ma már széles kör-

ben alkalmazott 3D-s áramlási szimulációknak, de még ezzel együtt is magának a hőcserélőnek a kifejlesztése is többéves fejlesztői tevékenységet igényelhet. A hajtóművet elhagyó gázáram hőmérséklete (8) sokkal alacsonyabb lesz, de maga a fúvócsőben lezajló expanzió is alacsonyabb hőmérséklet-tartományra tolódik, csökkentve a fúvócsőben keletkező tolóerőt. A jelenlegi fejlesztések a kompakt hőcserélő kialakítására összpontosulnak.

HATÁRRÉTEG-ELSZÍVÁS (BOUNDARY LAYER INGESTION – BLI)

A hagyományos, nagy kétáramúsági fokú hajtóművek tömeg- és ellenálláscsökkentése, valamint a tolóerő által a repülőgép szerkezetére ható terhelés kedvezőbb elosztása érdekében ígéretes lehet a tolóerő megosztása. Ez egyben lehetővé tenné az alap hajtómű fan fokozat átmérőjének csökkentését úgy, hogy a propulziós hatások növekedne az összességében nagyobb fan felület miatt. (47. ábra)

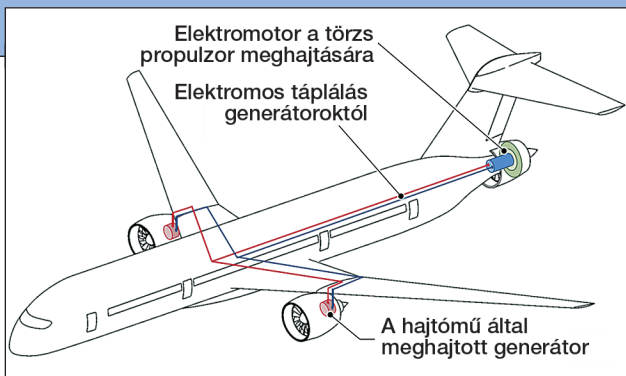
A propulziós törzs koncepció (Propulsive Fuselage Concept – PFC) lényege, hogy maga a törzs is része a propulziós rendszernek. Az elgondolás szerint a szívócsatorna mintegy körbe venné a törzs hátsó részét, és a fan oly módon történő elhelyezésével, hogy az „elnyelje” a törzs határrétegét, csökkenthető a repülőgép ellenállása, miközben még az előbb említett módon a propulziós hatások is javulhat. Természetesen e módszer hátrányokkal is rendelkezik. Ezek közé tartozik a szívócsatorna nyomásvesztésének növekedése, amely csökkenti a lefékezés következtében létrejövő nyomásnövekedést, valamint, hogy a törzs hatására kialakult egyenetlen sebességmező rontja a fan fokozat működési körülményeit. [53]

A koncepciót alaposan megvizsgálták különböző projektekben; néhány ezek közül: a NASA „FuseFan”, a Bauhaus Luft-fahrt „Claire Liner”, a MIT „D8” és a NASA „STRAC-ABL” elemzések. A NASA elemzései kimutatták, hogy a BLI-technológia, a ma üzemelő repülőgépekhez képest képes a repülőgép tüzelőanyag-fogyasztásának akár 8,5%-kal történő csökkentésére.

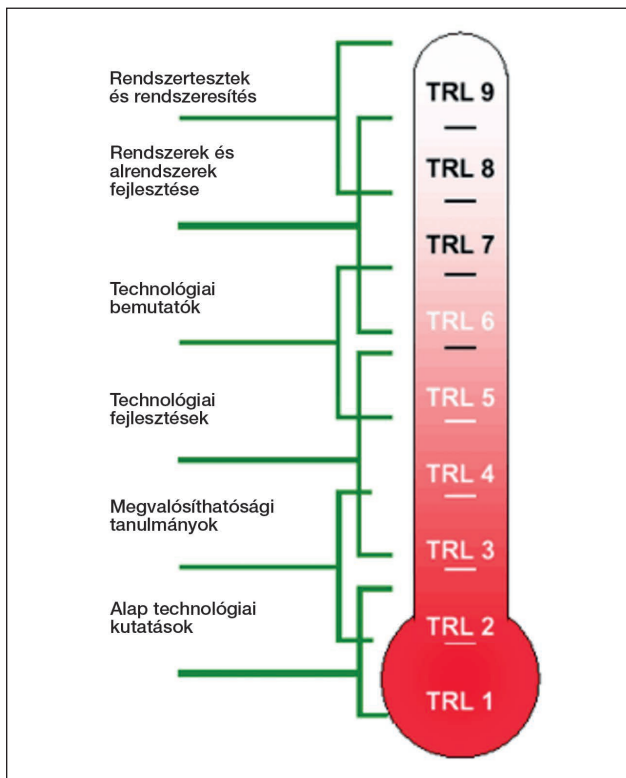
A Horizon 2020 keretprogram részeként az Európai Unió is finanszíroz egy olyan projektet, amelynek célja a PFC-koncepció vizsgálata CENTRELINE (ConcEpt validation sTudy foR fuselagE wakefilLing propulsioN intEgration) néven. (48. ábra) Ez egy kéthajtóműves elrendezés, ahol a harmadik elektromos meghajtású fan (propulzor) a fő hajtóművek generátoraitól kapja az elektromos táplálást. [54] A CENTRELINE projekt célkitűzése, hogy mind a CO₂, mind az NO_x-kibocsátás 11%-kal csökkenjen a fejlett ha-

47. ábra. Határréteg-elszívás megoldásának ábrázolása [53]





48. ábra. Az Európai Unió által finanszírozott Centreline program vázlata [54]



49. ábra. A NASA által kifejlesztett technológiai felkészültségi szintek (Technology Readiness Level – TRL) skálája (A szerző szerkesztése [56] alapján)

gyománys repülőgépekhez képest, amelyek hajtóművei, aerodinamikai megoldásai, szerkezete és rendszerei megfelelnek a 2035-ös rendszerbe állításra. [55]

ÖSSZEZÉS

A fenti fejezetben nem törekedtem és nem is törekedhettem a teljességre, hiszen a kutatások könyvtári szakirodalmat megtöltenének. A bemutatott elképzelések a kivitelezés különböző fázisaiban tartanak és törvényszerű, hogy nem mindegyik jut el a megvalósításig. A NASA létre hozott egy ún. TRL-skálát (Technology Readiness Level – technológiai felkészültségi, érettségi szint), amely a projekt érettségét mérhetővé teszi különböző jól definiálható fejlesztési szakaszokhoz kötve.

A skála kilenc szintet tartalmaz, amely az adott projekt szempontjából akár több tíz évet is jelenthet a rendszerbe állításig, vagy a fejlesztés kihullik valamelyik fázisban. (49. ábra)

(Vége a sorozatnak.)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [49] Larsson, L., Grönstedt, T., and Kyprianidis, K. G., (2011) Conceptual design and mission analysis for a geared turbofan and an open rotor configuration. In ASME 2011 Turbo Expo: Turbine Technical Conference and Exposition, American Society of Mechanical Engineers, pp. 359–370. <https://asmedigitalcollection.asme.org/GT/proceedings-abstract/GT2011/54617/359/351063> <https://doi.org/10.1115/GT2011-46451>;
- [50] Capitaio Patrao, Alexandre. (2018) On the Aerodynamic Design of the Boxprop Department of Mechanics and Maritime Sciences Division of Fluid Dynamics, Chalmers University of Technology Gothenburg, Sweden ISBN 978-91-7597-795-9 p. 3. https://research.chalmers.se/publication/505742/file/505742_Fulltext.pdf (Letöltve: 2022.12.6.) <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22991.74408>;
- [51] Are major efficiency gains for the turbofan still in reach? (2018) <https://www.wearefinn.com/topics/posts/are-major-efficiency-gains-for-the-turbofan-still-in-reach/> (Letöltve: 2022.12.6.);
- [52] Misirlis, D., Vlahostergios, Z., Flouros, M., Salpingidou, C., Donnerhack, S., Goulas, A., Yakinthos, K. Intercooled Recuperated Aero Engine: Development and optimization of innovative heat exchanger concepts 2 nd ECATS Conference, 7-9 November 2016, Athens, Greece http://www.ecats-network.eu/uploads/2017/06/ECATS2016_2.10p-Misirlis.pdf (Letöltve: 2022.12.12.);
- [53] Seitz, Arne et al. (2018) Concept validation study for fuselage wake-filling propulsion integration Corpus ID: 132992953 31st. Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences Belo Horizonte, Brazil 2018.; http://www.icas.org/ICAS_ARCHIVE/ICAS2018/data/papers/ICAS2018_0342_paper.pdf (Letöltve: 2022.12.12.);
- [54] ConcEpt validation sTudy foR fusElage wake-filLing propulsioN intEgration <https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020/projects/h2020-transport/aviation/centreline> (Letöltve: 2021.2. 22.);
- [55] Ploetner, K. O., Rothfeld, R., Urban, M., Hornung, M., Tay, G., Oguntona, O. (2017) Technological and Operational Scenarios on Aircraft Fleet-Level towards ATAG and IATA 2050 Emission Targets in 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference 2017 Denver, Colorado <https://arc.aiaa.org/doi/pdf/10.2514/6.2017-3771> <https://doi.org/10.2514/6.2017-3771>;
- [56] TEC-SHS (2008) Technology Readiness Levels Handbook for Space Applications TEC-SHS/5551/MG/ap issue 1 revision 6 https://artes.esa.int/sites/default/files/TRL_Handbook.pdf (Letöltve: 2022.12.12.).

JEGYZETEK

- 21 Open Rotor: nyitott (nem burkolt) forgórészes hajtóművek.
 22 Köztes visszahűtött hőcserélős hajtóművek: Intercooled and Recuperated Aero-engine (IRA).
 23 MTU Aero Engines AG – német repülőgép-hajtóművek gyártója, fejlesztője és szerviztámogatást is nyújt.
 24 LEMCOTEC – Low Emissions Core-Engine Technologies.
 25 T–s diagram: hőmérséklet–entrópia diagram.



18. ábra. Éjszakai lövészet Gepárd M1 mesterlövészpuskával (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / hmzrinyi.hu / Snoj Péter)

Földi Ferenc*

A Gepárd nagy űrméretű puska fejlesztésének története

IV. rész

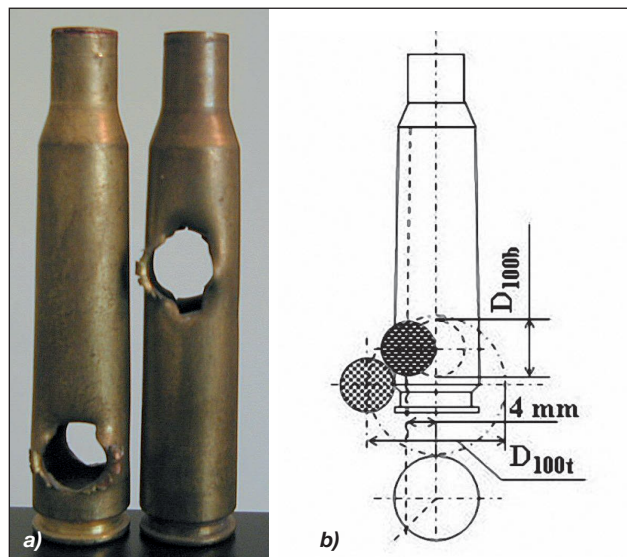
35 év a honvédség szolgálatában

A Haditechnikai Intézet fejlesztő szakemberei 1988-ra elkészítették az 12,7 mm-es Gepárd mesterlövészpuska kísérleti mintapéldányát. A Gepárd III. kísérleti mintapéldány fejlesztése eljutott a bemutató lövészet fázisáig.

A szerzőnek, a felkészülés alkalmával sikerült elsőre 100 m lőtávolságban a célként a talpára állított 12,7 mm-es töltényhüvelyt átlőnie, amit ezután egyre sűrűbb gyakorisággal meg tudott ismételni. Ez a teljesítmény később a fegyverhez való lövész kiválasztásának is alapjául szolgál. A 19a. ábra két darab, azonos napon átlőtt 12,7 × 107 mm-es hüvely képét mutatja, a szerző „terméséből”. A pontosság-képességet mutatja be a 19b. ábra; a manapság már itthon is alkalmazott MOA-mértéket³⁶ szemlélítve.

Ez a teljesítmény, (valamint a 25 mm-es páncéllemez perforálása) a bemutató hangulatát is jelentősen megemelte. Az akkori MN fegyverzettechnikai főcsoportfőnök, Kiss Sándor altábornagyot jól láthatóan meggyőzte a fegyver képességeiről, hogy már a helyszínen támogatásáról biztosította a fejlesztést. Ezt követően az „ellentábor” hangja fokozatosan elcsitult.

Ezzel megteremtődött a (legalább is erkölcsi) alap, hogy a HTI szerződést kössön a FETE vállalkozással 2 darab Gepárd M1 mesterlövészpuska mintapéldány elkészítésére (1989. május 2.).



19. ábra. A 100 méterről átlőtt hüvelyek a), és azok szóráskép-ábrázolása b). A rajzon a biztos találattal lefedett kört a D_{100b} jelű átmérő ábrázolja

* Nyugállományú mérnök ezredes (PhD); Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola; óraadó tanár. ORCID 0000-0002-0513-8493





20. ábra. Az átépített Gepárd III. kísérleti mintapéldánya a szemlencsetubus-távtartóval, az új villalábakkal, a lággyűrűre felszerelt hordfogantyúval és állítható pofadékkal

Jóváhagyták a fejlesztés harcászati-műszaki követelményeit (HMK)³⁷ is, de az akkori MNVK hadműveleti csoportfőnök ellenállása miatt, egyelőre kizárólag üzleti céllal.

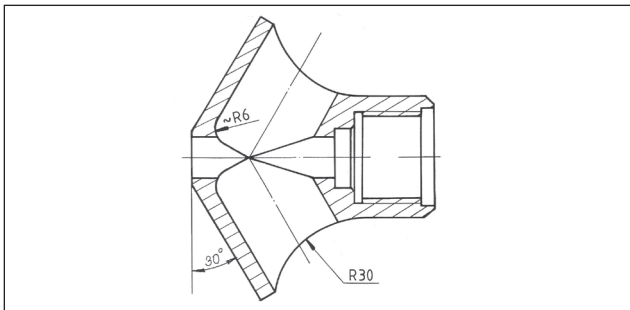
Ezt követően kerülhetett sor a kiviteli tervek azonnali át-dolgozására, és a megváltoztatott alkatrészek haladéktalan gyártásba adására. Az előbbieken, az 1–6. pontokban felsorolt észrevételekből következő döntések alapján:

1. A nagy visszarúgó erők okozta hátraugrás miatt veszélyessé vált a távcső okulárja. Sajnos minden lövő (elsőként a szerző) kezdetekben hajlamos volt belefeleledkezni az okulár nyújtotta képbe, és egyre közelebb hajolt a távcső végéhez a tisztább kép érdekében, amit a fegyver fájdalom, sokszor vérző ütással torolt meg. A szerző első (hibás) elképzelése alapján a távcső hátsó leszorító kenyelére párnázott távtartót tervezett, ahogy az a harcjárművek irányzóműszereinél is bevett megoldás, hogy a lövész arra támassza a homlokát (20. ábra). A sebzés megszűnt, csak a lövész homloka kapott egy alig csillapított „ököl-csapást” a szeme fölé. Ezt az elképzelést hamar el kellett vetni. A végső megoldás az okulár tubusra ráhúzott, kellő hosszúságú szemvédő (a legfeljebb 80 mm betekintési távolságot behatároló) gumi alkalmazása lett.³⁸ A váll-támaszcsőre több rétegű polifoam lemezekből álló arctámasz (pofadék) került. Ezt később erre a célra kialakított, levehető, polifoammal tömött, bőrbevonatú pofadék váltotta fel.

Végül szükségessé vált a csőszájfék áttervezése, amelyt a szerző végzett el az erősebb változatú akciós-reakciós kivitelűre. Ennek eredményeként jött létre az a változat (21. ábra), amelyik azóta is a mesterlövészpuska végleges változatú csőszájfék típusa, és az ingamérések alapján már 68%-ot teljesít.

2. A mellő villa helytelen elhelyezését kijavítandó, a fegyver acélcső tokozatát úgy alakítottuk át, hogy a már ehhez a fegyverhez tervezett villaláb forgáspontja a csőfurat tengelyével essen egybe, azaz a villa rögzítőgyűrűje a

21. ábra. A szerző által áttervezett Egerszegi-féle csőszájfék rajza; megnövelt méretű akciós lapátokkal, és jobb reakciós tulajdonságokat biztosító belső kialakítású gázterelővel



fegyvertok körül legalább $\pm 15^\circ$ -os szögben el tudjon fordulni az esetleges talajoldaldőlés kiegyenlítése érdekében. A villa lábai a gyűrű palástján kialakított alakos kötést biztosító fészkekben rögzülhettek lehajtott, vagy felhajtott állásban. Az átkapcsoláshoz a lábat, a rögzítő, hengeres nyomórugó ellenében kifelé kellett húzni, új helyében a rugóerő tartotta meg. Ez azonban időigényes megoldásnak bizonyult. A hordfogantyút is elbillenő módon erre a villalábgyűrűre szereltük, ami már közelebb esett a fegyver tömegközéppontjának függőleges egyeneséhez (21. ábra). A puska, kézben szállításkor már kevésbé akart „hanyatt esni”.

3. A fegyver 5 N körüli elsütőerő értékét kár lett volna elrontani, bár egyes kiképzési szakemberek túlságosan alacsonynak, ezért veszélyesnek tartották ezt az értéket. Sőt, a későbbiekben (a mintapéldány dokumentációjának tervezése során) igen komoly belső változtatásokat kellett a szerzőnek alkalmaznia a billentyű és a kakas lefutási felületeinek precíz kialakításához, és a felhúzott, de nem bezárt kakas szilárd megtartásához is (a kézből leejtett fegyver felhúzott kakastámasza nem futhatott le az elsütőbillentyű elsütőorráról).

4. Mivel a PKM-állvány alkalmazása nem oldotta meg a stabilitási gondokat, és a mesterlövész harcában nem volt életszerű elképzelés ezzel a konfigurációval a terepen történő gyors mozgás, mert ellentétben állt az egy kezelő, és a könnyű mozgás követelményével, mindenképpen szükségessé vált a villalábak kiegészítése egy harmadik (hátsó)³⁹ lábbal. Ám, a logikusan adódó helyre, a tok hátsó részére, az nem volt felhelyezhető, mert oda a PKM hátsó adapterét hegesztettük fel. A hátsó támaszláb a váll-lap alsó fogantyújának csővébe került. Kialakítása szerint ez egy szögemelő, amely egyik menetes szára hosszúságának változtatásával emeli meg ezt a csövet, és széles, gömbcsuklós talppal fekszik fel a talajra (22. ábra bal oldalán alul). Ez a megoldás sem volt hosszú életű, mert instabilitása miatt lehetővé tette a fegyver „bebecskázását”⁴⁰. Később kiderült, hogy a kialakításba elméleti hiba került, mert a fegyver leszorítását a hátsó talpára, a lövész e csőnek a megfogásával végzi, de ebből valamelyik irányba esetleg kifordulhat a hónaljpalca helyére becsúsztatott állványcső, illetve azt a lövésből származó nyomatek is kifordíthatja, ahogy arra volt is példa. A lövészetit tapasztalatok alapján a szerző hamar megváltoztatta e hibás elképzelését egy ma is meglévő, sokkal jobb konstrukcióra.

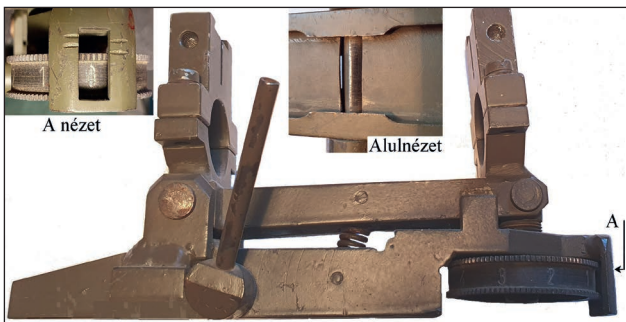
5. A lőtávolság beállításának biztosításához a szerző speciális irányzéktartót tervezett, amelynek helyszögben történő beállítását az okulártubushoz közelebbi végén racsnis reteszelésű, függőleges orsós emelődobbal lehetett elvégezni. (22. ábra) A beállítására a dobon 0–9 beütött számokkal jelzett fő osztásközökön belül 10-10 finomosz-

22. ábra. Az átépített Gepárd III. módosított irányzó távcsővel, már homloktámasz nélkül, a távcsővön gumi szemvédővel, és a hátsó lábbal



tással volt lehetőség egy körülfordulásra. A dobon egy-egy finomsztás-változást kattanás hanggal, de az ujjakkal is érzékelni lehetett. A távcsőtartó kialakítása szerint a dob egy teljes körülfordulása 1 mm emelkedést adott a hátsó megtámasztási pontnak. Ebből következően egy kattanás 0,01 mm-t, egy kattanás $\sim 0,34'$ -t $\rightarrow \approx 00-00,36$ vonást⁴¹ jelentett. Ebből következik, hogy a távcső optikai tengelyének előrebuktatásával, a fegyvercsőfurat tengelyének elméleti dőfspontja, (a kengyel 100 mm-es *elvi hosszán*) 100 m-en 10 mm-rel került magasabbra. A dob helyzetét a távcsőtartó test végén kialakított szakáll nyílásában lehetett sima rátekintéssel ellenőrizni (22. ábra: „A nézet”). Piroska György a töltény és a fegyver jellemzőinek alapulvételével ehhez a távolságbeállító mechanizmushoz készített külbálsztikai számításokat végző programot egy Windows 3.0 konfigurációjú asztali PC-re, QB4.5 programnyelven. Számításai szerint 2000 m céltávolságra megközelítően 300 kattanást (3 teljes dobfordulatot) kellett állítani az irányzéktartón. A szerkezet akár 500 kattanás beállítására is képes lenne, de ez csak abban az esetben lenne kihasználható, ha a 2000 m-es lőtávolságot jelentősen nagyobb lőtávra vállalná a lövész. Az irányzó távcső pontos jusztírozására természetesen a távcső saját beállító elemei szolgáltak.

A távcsőszerelék e kivitele a távcső oldalirányú elmozdítását nem tette lehetővé, elsősorban azért, mert a belső kengyel oldalirányú ketyogásának megszüntetését egyrészt a mellő csap és furatának finom felületminősége, és az alapcsap rendszerben illesztett egybeépítése biztosította. A belső kengyelt méretezett húzórugó szorította a menetes orrára. Magát a távcsőszerelék fecskefarkú illesztő felületek fogták fel a tokra, ahol egyik oldalán lemart palástú szorítóhenger tartotta (volna) a helyén (23. ábra. „Alulnézet”).



23. ábra. Az új típusú irányzéktartó, helyszög- (lőtávolság) állító dobbal és lézertáv mérő-tartóval

24. ábra. Az új típusú irányzéktartó, helyszög- (lőtávolság) állító dobbal és HECTEC Teleranger B távmérővel



+ GEPARD M1 A1004 Töltény: B-32 Vo [m/s]: 851			
X [m]	kattanás [r. oszt.]	javitás [r. oszt.]	Δy [cm]
100	0	-----	1
200	2	-----	2
300	7	-----	3
400	15	-----	4
500	25	-----	5
600	35	-----	6
700	45	-----	7
800	55	-----	8
900	65	-----	9
1000	77	-----	10
1100	90	-----	12
1200	105	-----	13
1300	123	-----	14
1400	140	-----	15
1500	161	-----	16
1600	184	-----	17
1700	209	-----	18
1800	235	-----	19
1900	263	-----	20
2000	293	-----	21

+ GEPARD M1 A1004 Töltény: B-32 Vo [m/s]: 851			
X [m]	kattanás [r. oszt.]	javitás [r. oszt.]	Δy [cm]
100	0	-----	1
200	2	-----	2
300	7	-----	3
400	15	-----	4
500	25	-----	5
600	35	-----	6
700	45	-----	7
800	55	-----	8
900	65	-----	9
1000	77	-----	10
1100	90	-----	12
1200	105	-----	13
1300	123	-----	14
1400	140	-----	15
1500	161	-----	16
1600	184	-----	17
1700	209	-----	18
1800	235	-----	19
1900	263	-----	20
2000	293	-----	21

25. ábra. Adott fegyverhez készített tenyéröltábla a céltávolság (X)/kattanás összerendezésében. Balra az átlátszó műanyag lapból, jobbra az eloxált könnyűfém lemezből készült változat. A kereszt helyén fűrt lyukon lehetett a hordzsínőrt átvezetni

Természetesen ez a megoldás sem bírta ki a gyakorlat próbáját, pedig még bizonyos mértékű alakos kötetést is biztosított a lemart palástszorító tengely, de a tehetetlenségi erő nem egyszer ezen is át tudta rántani az egész szerkezetet. A vadászfegyverre tervezett HECTEC Teleranger B osztrák gyártmányú lézertáv mérő felszerelésekor (24. ábra) a kengyelt a tehetetlenségi erő egyszerűen letépte a húzórugóról és előre felhajtotta. Emellett a lézertáv mérő sem vált be a nehézkes kezelése miatt, mert nem volt átnézhető optikai tengelye. A rendelkezésre álló hazai, a MOM által gyártott, 1986 óta rendszerben lévő KT-83M kézi lézertáv mérő azonban minden tekintetben megfelelt a célnak⁴².

A céltávolság és a kattanás adott fegyverre vonatkozó összerendezésére egy marokban tartható egyszerű táblázat is készült, amelyben a javítás (üres) oszlopba alkoholos filctollal (a könnyű javíthatóság érdekében) a lövész beírhatta az általa tapasztalt valós kattanásértékeket, amelyek legalább is az évszakok változásával már előállhattak (25. ábra).

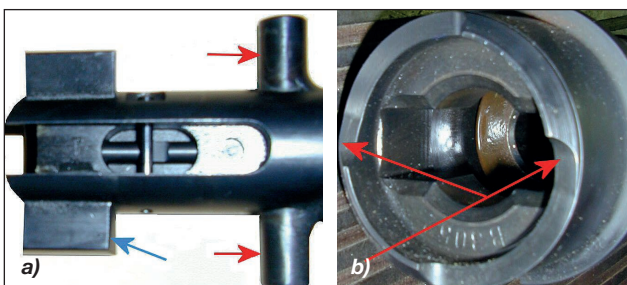
6. A fegyver szállítási hosszát érintően: egyértelműen adta magát, hogy a fegyvercső a leghosszabb oszthatatlan elem, ezért a váltámaszt le kell róla választani a szállításhoz. Ez a két darab – a zárszerkezet kiemelése és a távcsőtartó leszerelése után –, már elfogadható szállítási hosszúságot biztosíthatott, például egy erre a célra tervezett háti zsákban. A fegyver szét- és összeszerelésének ehhez a legkevésbé bonyolult műszaki megoldását képzelt el a szerző, nemcsak a vadászfegyverek példáját követve, de az AR 15/M16 rohampuskánál E. Stoner által alkalmazott, de régóta ismert, úgynevezett *take down* kialakítást is figyelembe véve, amely szerint, egy-két kapcsolóelem elmozdításával nagyon gyorsan és könnyen két részre szétkapható⁴³ az adott fegyver. A szerző választásában a zártok illesztett hátsó hengerére a szintén illesztett furatú váltámaszcsovet egy illesztőszeg rögzítette,⁴⁴ a zártok hengerpalástjára merőleges kimarásban felfeküdve. A szeget kiesés ellen orros rugóhuzal biztosította, ezt balról kihúzva, a fegyver (zárfej/elsütő rendszer nélküli) váltámasza egyetlen mozdulattal lehúzható volt a csővegről (26. ábra). →



26. ábra. A válltámaszt a tokhoz rögzítő rugós szeg (az ábrán piros nyíllal jelölve), a már többször átalakított kísérleti minta múzeumi példányán. A hátsó láb már a legutolsó átalakításból származik (Fotó: Szőke Krisztián)

7. A töltés-űrtetés kérdéseit érintően: a puska fekvő töltésszor is biztosítani kell a lövedékcsőcs egyszerű és akadálymentes bevezetését a töltényűrbe. A szerző ezért a szimmetrikus, kétkörmös zárfejhez hasonló szimmetriájú vízszintes áttörésű zártokot alkalmazott, amelyen a töltényűr felé bevezető öblöt erős letöréssel tervezte meg. Továbbá figyelembe kellett venni, hogy kézfegyvereknél nem ritka az az állapot, amikor valamilyen műszaki okból a kilőtt töltény hüvelye beszorul (beledagad) a töltényűrbe. Egy AK rendszerű fegyvernél ennek eltávolítása nem okoz gondot, mert a tokfedél leemelése után a hüvely vége viszonylag könnyen hozzáférhető. Így a zárszerkezet könnyen belátható, „nyitott”. Esetleg a tisztítóvessző összerakásával a csőtorkolatból a hüvely kiüthető. A Stoner-féle rendszernél a zártok teljesen körülvessi a zárfej elejét, nem is lehet hozzáférni a hüvely pereméhez, ráadásul tisztítóvessző helyett csak zsinórral rendelkezik⁴⁵. A fentiek tükrében nem volt semmiféle garancia arra, hogy a Gepárd puskánál ilyen hüvelyberagadás nem fordulhat elő. A mesterlövészharcban egy ilyen akadály szinte mindig halálos követelményekkel jár a lövészre. Nem lehetett opció, hogy a lövész mindenre felkészülve, a csőhosszúsághoz megfelelő, másfél méteres és 5 mm átmérőjű acélpálcával rója a harcteret. A hüvely okozta veszélyt megelőzendő a szerző egy zárfejen átmenő csapot (27.a ábra), továbbá a zártok végére olyan lejtős pályát tervezett (27.b ábra), amelynek – a zárfej/elsütőt űrtetéshez jobbra felfelé elfordítva – egyszer csak nekifeszül a zárfejen átvezetett hüvelykiroppantó csap. Ekkor a kiképzett lejtő kifelé kényszeríti a zárfejet

27. ábra. A zárfej részlete – hüvelyvonó nélkül – a), zártok b). Az ábrákon a piros nyíllal jelölik a hüvelylazító páros felületeit, a kék nyíl a zárfej hátoldalának egyik letört élét



(lásd a 27. ábrán a nyíllal jelölt területek), a hüvelyvonóval hozzákapcsolt hüvellyel együtt. Mind a hüvelyvonó, mind a hüvelyfenékperelem szilárdsági jellemzői biztosították, hogy a lövész egy erőteljesebb mozdulattal képes kiropantani az ilyen hüvelyt.

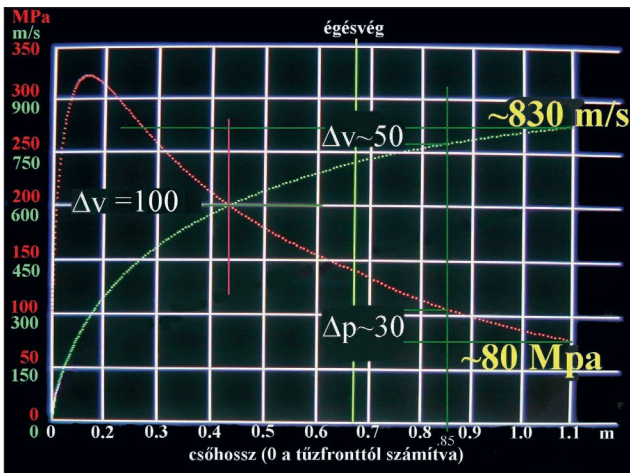
Annak megakadályozására, hogy ez a lejtő esetleg befeszítse a zárfej/elsütőt, mert a zárfej szemölcsse még nekifeszül a zártok zároló belső felületének, a szerző a zároló szemölcsök zároló felületén az éleket olyan mértékben törte le, hogy mire a hüvelykiroppantó csap nekiütközne a lejtős pályá eljéne, a zárfej már fokozatosan elfordulva ki tudjon bújni a zártokból (27.a ábra, kék nyíllal jelölt él).

A FEJLESZTÉS FOLYTATÁSA ÉRTÉKELEMZÉSSEL

1989 májusában, a HTI vezetése utasításba adta, hogy a tervezést és a leendő fegyver fejlesztését értékelemzéssel kell folytatni, a Marx Károly Közgazdaságtudományi Egyetem Közgazdasági Továbbképző Intézet vezető szakemberének vezetésével. Ennek érdekében alkotó csapatot hozott létre a már említett 3 fő a budapesti központból, a táborfalvai állomány aktuálisan kijelölt tagjából, a BM Komondor Terrorelhárító Csoport Simkó Imre rendőr alezredes mesterlövész szakvezetőjéből (sportlövő olimpikon és Európa-bajnok; 1939–2021), továbbá az MN 4350 speciális lövészeiből, a szolnoki felderítő és a légmozgékonyoságú egységek, a BM HÖR és a MOP lövész szakembereiből. Az alkotó team *brainstorminggal* kezdte a csoportos üléseit, és egy átfogó, szinte minden egyes alkatrésze kiterjedő funkcióanalízissel végezte be a munkáját. A gazdasági értékelemzésre végül nem kerülhetett sor a FETE tulajdonosának rendkívül heves ellenkezése miatt. A funkciók elemzéséből levont következtetések azonban bőven elegendő információt szolgáltatottak. A team feladatát értékelemző jelentéssel 1989. november 1-én fejezte be. A funkcióanalízissel a következő követelményeket határozta meg a team:

- Pontosan meg kell ismerni a bel- és külbálsztikai folyamatok lefolyását, lehetőleg számítógépes program alkalmazásával.
- A számítások eredményeit felhasználva kell modellezni a fegyver lehetséges viselkedését a lövésfolyamat során.
- Ki kell dolgozni a kellően pontos célzás műszaki felteleteit a fegyverszerkezetben.
- Ki kell dolgozni a használhatóság képességet biztosító ergonomiai megoldásokat, a szállítási módra is figyelemmel.
- Alkatrészekre lebontva kell megismerni a funkciókat, vizsgálni kell, hogy egy adott alkatrészben esetleg több funkció is összevonható-e.

Az a) feladat végrehajtására Pirocska György QB 4.5 programnyelven készített egyesített külső- és belsőballisztikai szimulációs programot. [14; 6. sz. melléklet: alap.xls] A belső ballisztikai modul az idő függvényében, 0,01 ms lépésközzel végezte el a számításokat, így mintegy 300 pontban szolgáltatva eredményt a gáznomás, a lövedéksebesség és a lövedékút pillanatnyi értékéről. A szimulált gáznomásfüggvény felhasználható volt a fegyver amortizációs lengőrendszerének számításaihoz, mivel a fegyvercsőben kialakuló gáznomás egyben a lengőrendszer gerjesztőfüggvénye is. A szimulációkat először a mérőcsőre, a mért értékekkel történő összehasonlítás érdekében, majd tényleges 1,02 m ballisztikai csőhosszúságú NSZV fegyvercsőre⁴⁶ végezte el. A számítás bemenő adatai között egyetlen olyan akadály, ami nem szerepelt sem a mérőcső, sem az NSZVT doku-



28. ábra. A belballisztikai program grafikus eredményének monitorképe

mentációjában: ez az úgynevezett univerzális lövegállandó (φ_0) volt. A kezdetben $\varphi_0 = 1,2$ -re beállított értékkel nem jöttek ki a dokumentációban a mérőcsőre megadott p_{\max} és $V_{[0m\text{-re redukált}]}$ mértékek. Csak a $\varphi_0 = 1,13$ -ra történő csökkentése után kaphattuk meg a hibahatáron belül elfogadható értékeket.⁴⁷ A már így módosított számítások eredményét grafikusán, ugyanezzel a programmal megrajzolt ábra monitorképe mutatja be (28. ábra).

A b) feladat végrehajtására ezzel a programmal és adattal dolgozva lehetett kiszámítani egy 7 kg-nak feltételezett tömegű fegyvercső lövésdinamikája szerinti szabad hátramozgás folyamatát. A számítás alapján a belballisztikai fázis végén ez a cső mintegy 7 m/s sebességre gyorsulva 8,3 mm-t, egy elméleti 300 mm hosszú átmeneti zónát hozzáadva, elméletileg legfeljebb 11 mm-t fog megtenni. Természetesen egy ennél nehezebb csőnél valamelyest kevesebb hátramozdulással kellett volna számolni, és a csövet és szerelvényeit helyzetelő rugóerők is némiképp jobban fékeztek volna a rendszer mozgását. Ennek a számításnak a valóságosnál mindenképp nagyobb szükséges hátrasiklási hosszúságot kellett adnia.⁴⁸ Az amortizációs rendszer méretezésénél ezeket az adatokat kellett figyelembe venni a szerzőnek, azaz a mellő amortizáció „szabad”⁴⁹ hátrasiklása semmiképpen sem lehet kevesebb, mint 12 mm, a 153 N-nal előfeszített, 1,98 N/mm rugómerevségű csőrugóval (25,74 N erőnövekedés). A hátsó amortizáció „szabad” hátrasiklása pedig 20 mm legyen, a 131,5 N-nal előfeszített 1,53 N/mm rugómerevségű válltámasz rugóval (30,6 N erőnövekedés). A hátrasikló felületek szigorú síkló illesztéssel és tükrös felületekkel rendelkezzenek.

A c) feladat végrehajtására: ki kellett dolgozni a stabil, megbízható célzás feltételeit, olyan távcsőszereleket tervezni, amely oldalban is lehetővé teszi a szerkezet beszállíthatóságát. Ezen túl a pofadékokat olyanra kell átalakítani, hogy formájával követni tudja az eltérő arcformáknak megfelelő feltámasztást. A váll-lapot a csőfurat tengelyére merőleges síkban, fokozatokban szögben állíthatóvá kell tenni, szintén az antropometriai eltérések, illetve a ruházat évszakok szerinti drasztikus megváltozását is figyelembe véve. A fegyvert a talajhoz rögzítő, stabil feltámasztására szolgáló hátsó lábat ugyanahhoz a fő szerkezeti elemhez kell kapcsolni (a tokhoz), amelyhez a válllábak is kapcsolódnak. Erre a legnyilvánvalóbb helynek a tok hátsó részén, a PKM-kapcsoló felerősítési helye adódott. Az eredeti funkciót megtartva, a két feladat összehangolására a szer-

ző ugyanoda illesztett, T sínes kapcsolóelemet tervezett, ahová vagy a PKM-adapter, vagy az új konstrukciójú, szintén csavaros emelésű, de egyszerű hátsó láb felváltva bedugható, és azokat egy orros rugóhuzalos biztosítócsap rögzíti a kiesés ellen (a részleteket lásd később, az e) feladat végrehajtásra alcímű bekezdésben). Az új hátsó láb alkalmazásával felszabadul a hónaljpalca furata, ezért az visszakerülhet az eredeti helyére, a vállpalca funkciót a szerző feladja, mert a fegyver 3 lábon, a talajon való stabil megtámasztása már nem igényli annak a feladatát. A Gepárd fegyver új kialakítású hordfogantyúja csak részben felel meg a könnyű kezelhetőség követelményének, és nem lehet hátrébb helyezni, sem megfordítani, mert függőleges állásában beleütközne a távcsőbe. Ezt is át kell tervezni.

A d) feladat végrehajtására a FETE hátizsákszerű hordzsákokat tervezett, párnázott hevederekkel a fő zsákon két oldalzsebbel, és vastagon párnázott háttámasszal. (29. ábra)



29. ábra. A Gepárd-hordzsák szállítása elől- és hátulnézetből

A fő zsákba került a szerelt fegyvercső, külön belső zsákba a szerelt válltámasz a zár/elsütővel, közéjük bőrtokba az irányzékszerelék a távcsővel, a lőszerkészlet kettő, 5 darabos bőr tölténytartóban, valamint a hátsó láb. A külső zsebbe a TASZT⁵⁰-készlet (30. ábra).

Horváth József zászlós, a team egyik tagja, azzal az ötlettel állt elő, hogy a puskához olyan csővázis hordzsákokat kell kifejleszteni, amely egyben a PKMSz-állvány feladatát is elláthatja, stabil felfekvést biztosít süppedékes és hólepte felületeken egyaránt, egyben alkalmas a fegyver hátán





30. ábra. A Gepárd-hordzsák tartalma (a villámzár kibontva, a jobb zsebben az elsőtű)

történi szállítására is. Az ötletet a szerző ültette át műszaki tervekbe, amelyek alapján elkészült a második mintapél-



31. ábra. A Gepárd M1A1 csőváz hordzsákban a), és a csővázon, harchelyzetben b)

dány, az M1A1 változat terve is (31. ábra). Az M1A1 változatot a csőváz, mint hordzsák és a puska együtt adta, bár az M1 változat felszerelhető volt a csővázra is, de az M1 változat alapvetően a vászon hordzsákos kivitel jelölte. Az eltérő formájú kétkamrás csőszájfék csak ezen az egy példányon jelent meg. Mivel nem hozott számottevő hatásváltozást, és bonyolult volt a furatok precíz egyengetésének biztosítása, ezért a továbbiakban eltekintünk ennek az „ötletszerű” megoldásnak az alkalmazásától.

Az e) feladat végrehajtásra: csak a leglényegesebb többcélű alkatrészek kialakítását kívánja bemutatni a szerző az érdeklődő olvasóknak.

(A tanulmányban szereplő ábrákat és a rajzokat a szerző készítette a fejlesztés során, ezek – a külön megjelöltek kivételével – a szerző saját archívumából származnak.)

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [14] Földi Ferenc: a 12,7 mm-es GEPÁRD M1 mesterlővész puska műszaki alkotás leírását tartalmazó PhD munka; Üllő, 2007; NKE Ludovika Campus Tudományos Könyvtár <http://hdl.handle.net/20.500.12944/12093>.

JEGYZETEK

- 36 MOA (*Minute of Angle*), azaz szögperc, az összes találatot magába foglaló, és a találatok középpontjára (TKP) szerkesztett körlapra állított egyenes körkúp kúpszöge szögpercben, ami a lőtávolságból és a kör sugarából számított szögérték kétszerese, szögpercben megadva. Például 100 m lőtávolságban a 10 cm átmérőjű kör MOA-értéke 3,44. A 18. ábra bal oldalán ábrázolt D_{100b} -vel jelzett biztos találat köre 0,71 MOA-értéket reprezentál. Főleg mesterlővész feladatok esetén jól használható ez a mennyiség, mert amennyiben a MOA-ból visszaszámított átmérőjű kör biztosan belül esik a célfelületen (hibátlan célzás esetén), akkor eredményes találat várható – magától értetődően a lővész – fegyver – töltény hármassából alkotott elemi harci eszközrendszer használatára kiképzett fegyveres alakulat harcosától.
- 37 A HMK a fejlesztést megalapozó joghatállyal bíró követelményrendszer volt annak idején.
- 38 Jobb anyagminőségben, mint az SzVD puska PSZO-01 távcsővénél, a mai napig is alkalmazott (a tárolás során könnyen deformálódó) gumi.
- 39 A három ponton való alátámasztás „elméletileg” és általában stabil.
- 40 Ha például a mellő villagyűrűben a fegyver jobbra billent, akkor előfordult, hogy a váltámsz alsó csővében és a lábcső körül, balra fordult ki a puska – vagy fordítva – és természetesen váratlanul.
- 41 Akkoriban, a számunkra használni előírt (VSZ/EFE) vonásmérték: 1 vonás = $360^\circ/6000 = 0,06^\circ = 3,6'$ helyszöveget jelentett), ami kb. 105 mm (104,7mm) függőleges elmozdulást hoz létre 100 m-en a szállemez vízszintes vonalának emelésével. Ebből értelemszerűen az egytized vonás ~10 mm-nek felel meg, ezt tekintettük alap beállítási osztásköznek a távcsődobon.
- 42 Később – ismereteim szerint – nem kellően megalapozott egészségvédelmi okokra hivatkozva, villámgyorsan megtiltották a használatát. A jelenleg rendszeresített kézi eszközök mesterlővészeink számára való biztosításáról azonban nincsenek pontos ismereteim.
- 43 A *take down* kifejezés egy értelmezésében.
- 44 Az M16-osnál két ilyen rugós csap található, amelyeket csak részben kell kihúzni, hogy ne vesszenek el.
- 45 Emiatt jelentős veszteségeket szenvedtek például Vietnámban az amerikai M16-os lövészek, mert nem tudták a fegyvert újra tüzkésszé tenni. Általában, a hüvelyvonó orr-része letépte a hüvely peremét, hiába szedték ki a zárat, a hüvely nem volt hozzáférhető a töltőúr irányából, míg a csőtorkolat felől nem volt megfelelő eszköz.
- 46 Mivel a fegyvercső felfogható egy olyan belső égésű hőerőgép hengerének, amelyek dugattyúja a lövedék, a belballisztikai hosszúság nem a csőfartól, hanem a lövedék fenéksíkjába emelt tűzfronttól a csőtorkolatig számítandó.
- 47 A lövegállandó megadható a fegyver jellegének (pisztoly, puska, ágyútarack, páncéltörő ágyú stb.) ismeretében. Értéke $\varphi_0 = 1,03\text{--}1,30$ között mozog, az összes munka, és a lövedék lineáris mozgási energiájának hányadosával áll kapcsolatban. Fontos megjegyezni, hogy szakirodalmi ajánlott értéke csak irányadó, a pontosabb becslését mérések eredményeiből számítjuk (adatközlő: Vozsech István, NKE KMDI doktorandusz).
- 48 Később ez sem egészen így alakult. A sorozatgyártású példányoknál ez az érték legalább 13 mm-t igényelt.
- 49 A poliuretán rugóhüvelyekre való felkoppanáskor értendő méret.
- 50 TASZT: tartalék alkatrész, szerszám, tartozék.

5. ábra. Egy dél-koreai K2 Black Panther MBT az ADEX 2019 kiállításon (Forrás: Shutterstock)



Farkas Zoltán*

A világ legütőképesebb harckocsijai **II. rész**

A harckocsik a szárazföldi erők fontos harceszközei; jelentős szerepet játszanak a harc megvívásában, bár meghatározó jellegüket egyes szakértők ma már megkérdőjelezzik. A tervezők az idők során folyamatosan tökéletesítették a harckocsit, hiszen az alkalmazók által támasztott követelménynek meg kellett felelniük. A harctéri alkalmazás során szerzett tapasztalatok tehát alapvetően határozzák meg a fejlesztések irányát, így a változtatások folyamatosak. A harckocsik történetének általános bemutatása után a szerző cikksorozatának második részében a legkorszerűbb típusok részletesebb ismertetésével folytatja tanulmányát.

K2 BLACK PANTHER [11][12]

A K2 Black Panther a Hyundai Precision & Industry Co. Ltd. Seoul által gyártott harckocsi. Talán egy kevésbé ismert, de igen figyelemre méltó, a 4. generációba sorolt harckocsitípusról van szó. A K2 elődje a K1, amelyet az USA M1A1 Abrams mintájára építettek. A harckocsi fejlesztése során számos típus előnyös tulajdonságait megtartották. Ilyen volt a T-80-as légzőcső beépítése, amely 4,2 méteres mélységű vízben történő átkelésre teszi alkalmassá a harckocsit. A német L55 űrméretű hosszúságú, 120 mm űrméretű löveghez a tűzvezető rendszert a francia Leclerc harckocsitól vették át. A Rheinmetall által gyártott hosszabb csövű löveg nagyobb torkolati sebességet biztosít, ezáltal

növeli az átütő képességet. A löveg töltését automata töltőberendezés biztosítja. Figyelemre méltó a hidropneumatikus felfüggesztés, amely terepen a könnyebb elrejtőzés lehetőségét segíti, és a harckocsitest függőleges lengéseinek csökkentésével kedvezőbb feltételeket teremt a kezelőszemélyzet munkafeltételeihez, csökkenti kifáradásukat. Ellenséges tűz észlelése esetén a tornyot a lézeres figyelmeztető rendszer automatikusan a tűzforrás felé fordítja. A harckocsilöveg saját gyártású, KSTAM (Korean Smart Top-Attack Munition) lőszerrel tüzel, amelyek lőtávolsága elérheti a 8 km-t is. A nagyfrekvenciás radar a tűzvezető rendszerhez (fire-control system – FCS) kapcsolódik, amelyhez hozzátartozik az oldalszél-érzékelő és a lézeres távolságmérő is. A hőkamerás rendszer a 9,8 km-re lévő célokat is képes befogni és követni. Az ellenséges objektumra kilőtt gránát a cél fölé érve érzékeli azt, ejtőernyőt nyit, majd a célra felülről rázuhanva semmisíti meg azt.

A korábbi tervekben szerepelt a személyzet nélküli torony megépítése – hasonlóan a T-14 Armata harckocsijához –, de a túlságosan magas költségek miatt annak megvalósításáról a gyártó lemondott. Hagyományos kompozit páncéllal, reaktív páncéllal (ERA) és nem robbanó reaktív páncéllal (NERA) rendelkezik. Érzékelő rendszere, a K2 Black Pantherre kilőtt gránátok hatásait hard-kill és soft-kill aktív védelmi rendszerek segítségével csökkenti.

A koreai K2 méltó riválisa a T-14 Armata harckocsinak, emiatt versenybe szállhat „a világ legjobb harckocsija” címmel.

* Nyugállományú mk. alezredes, a Zrínyi Miklós Katonai Akadémia óraadó tanára 1990–1995 között. ORCID: 0000-0002-5680-0822





6. ábra. A francia Leclerc harckocsi mozgékonyágát egy Hyperbar eljárással üzemelő dízel erőforrás biztosítja. A Leclerc harckocsi Jacques Philippe Leclerc francia tábornok után kapta a nevét [15]

LECLERC AMX-56 [11] [13] [14]

A francia hadsereg legújabb fejlesztésű és harctéri körülmények között is alkalmazott korszerű harckocsija a Leclerc AMX-56 típus. A páncéltest és a torony hegesztett, ötvöztött acélból kerámiabetéttel készül, felépítését tekintve moduláris rendszerű kompozit páncél, így szükség esetén az elemek cserélhetők. A 120 mm űrméretű sima csövű ágyút automata töltőberendezés szolgálja ki. Az ágyú NATO-szabványú löszereket képes kilőni, de az ágyúcső az általánostól eltérően kissé hosszabb¹, így növelve a lövedék kezdősebességét, amely kedvezően hat a leváló köpenyes, szárnystabilizált, űrméret alatti páncéltörő nyíl-lövedék alkalmazása esetén. A küzdőtérből a lövések után keletkező lőporgáz eltávolítására sűrített levegőt alkalmaznak a füstelszívó rendszer helyett. A lövegcsövön itt is megtalálható a hőkiegyenlítő borítás.

A tűzvezető rendszerhez lézeres távolságmérő, éjjellátó berendezés és 360°-os panoráma-irányzék kapcsolódik. A hőkamerás irányzék 5000 méterről már érzékeli a célt, 2500 méternél felismeri a célpontot és 2000 méteren azonosítja is azt.

Az 53 tonna tömegű harckocsit mozgató V8X-1500 típusú dízelmotor Hyperbar rendszerű², amelynek jellemzője, hogy nem bocsát ki látható kipufogógáz-füstöt, ezáltal csökkenti az infravörös jellel történő érzékelhetőséget. A Hyperbar rendszer túlnyomást létesítő rendszer, amely az átlagos 7,5 bar nyomást 32,1 bar effektív nyomássá növeli. A TM-307B áramfejlesztésre és turbó feltöltésre alkalmazott gázturbinából kibocsátott kipufogógáz hőmérséklete – a turbina fordulatszámától függetlenül – soha nem haladja meg a 370 °C-ot.

A harckocsit a Nexter Systems hidropneumatikus rendszerű futómű-felfüggesztéssel gyártja.

VT-4 (MBT 3000) [11][16]

A kínai tervezők által készített VT-4 közepes kategóriájú, 3. generációs harckocsi több fejlesztési fázis után érte el a mai kialakítását. A VT-4-est az MBT 2000, majd a Type 90 IIM bázisán alakították ki. Az MBT 3000 jelölés a prototípust, míg a VT-4 jelölés a sorozatgyártásból kikerült eszköz jelölését jelöli. A harckocsit a Norinco Armor Day tervezőiroda terve alapján, a North Industries Corporation (Norinco) cég gyártja. Ma minden korszerű harckocsit, így ezt a típust is a harmadik generáció követelményeinek megfelelő kompozit páncélzattal építik. A kompozit páncélok jellemzője, hogy a tömegük könnyebb, mint a tömör acélból készült páncélok, ugyanakkor azoknál szívósabbak. A páncéltes-



7. ábra. Thaiföld és Nigéria után Pakisztán is Kínától vásárolt Norinco VT-4-es harckocsikat 2020-ban [18]

tet reaktív páncél (ERA) is védi, csökkentve a kinetikus energiával behatoló lövedék átütési lehetőségét.

Hosszadalmas fejlesztés eredményeként sikerült egy integrált, hidraulikus hajtásláncot (erőátviteli rendszert) kialakítani, automata nyomatékvaltóval, a korábbi német és ukrán rendszerek ugyanis nem hozták meg a kívánt eredményeket. A futómű torziós felfüggesztésű.

A harckocsi 125 mm űrméretű, sima csövű löveggel rendelkezik, amelyet automata forgódobos töltőberendezés szolgál ki. A tűzvezető rendszere lézeres távolságmérővel, IFF³-rendszerrel rendelkezik. A tornyon elhelyezett 12,7 mm űrméretű géppuska is távvezérléssel működik, hőképalkotó rendszere is harmadik generációs.

CHALLENGER 2 [11] [13] [14]

A Vickers Defence Systems (mai neve: Alvis Vickers) által gyártott Challenger 1 harckocsi továbbfejlesztett változata a Challenger 2. A jelentősebb korszerűsítést az 1990-es évek elejétől kezdték el, amely elsősorban a másodgenerációs Chobham ötvöztött páncéltest alkalmazását, a nukleáris, a biológiai és a vegyvédelmi szűrőrendszer, valamint a küzdőtér fűtő-szellőztető rendszer kialakítását jelentette. A további korszerűsítés eredményeként a harckocsi tűzvezető, távolságmérő, megfigyelő rendszerét számítógép-vezérlésre cserélték, számos szenzort, kijelző panelt és navigációs rendszert is beépítettek. A parancsnok számára a 8 darab periszkóp 360°-os látómezőt biztosít. A harckocsilöveg 120 mm űrméretű, de nem sima, hanem huzagolt csövű. Rendelkezik továbbá egy 7,62 mm űrmé-



8. ábra. Az Egyesült Királyság Challenger 2 típusú harckocsija 2004 nyarán, az iraki Telic 4 hadműveletben [19]

retű, párhuzamosított géppuskával és légvédelmi géppuskával is. A torony két oldalán, az önálcázás érdekében 2×8 darab füstgránátot helyeztek el. Az éjszakai tűzvezetést az éjjellátó berendezés segíti. A harckocsi a harmadik generációs csoportba tartozik, a páncéltest Chobham páncél kialakítású. A kedvező menettulajdonságokat és a kezelőszemélyzet komfortérzetét szolgálja a Hydrogas rugós felfüggesztésű futómű. A harckocsi mozgását a Rolls-Royce Perkins Condor CV12 típusú 880 kW (1200 LE) teljesítményű dízelmotor biztosítja, amely egy tüzelőanyag-feltöltéssel 550 km megtételét teszi lehetővé. A harckocsi, műúton akár 60 km/h sebességet is elérhet.

9. ábra. Merkava MK-4 harckocsik Izraelben [21]



A Challenger 2 harckocsi az iraki háború „Telic” hadműveletében⁴ sikeresen vett részt az Abrams, a Merkava és a Leopard 2 mellett, bizonyítva, hogy a világ legjobb harckocsijai közé tartozik.

MERKAVA MK-4 [11] [13] [14]

A Merkava⁵ MK-4-est a szakmai körök a világ egyik legmodernebb harckocsijának tartják. A harckocsi fejlesztésében Izrael, a majdnem folyamatos háborúk során igen nagy tapasztalatokat szerzett, amely biztosította a további fejlesztések töretlenségét. A Merkava-3-as bázisán 2001-ben fejezték be a Merkava-4 fejlesztését. A fejlesztés során különös figyelmet szenteltek a fegyverzetnek, az elektronikai rendszereknek és a páncélvédelemnek. Az elektronikai berendezéseket teljesen megújították. Az Elbit Systems Electro-Optics Ltd. (Elop) irányzó-tűzvezető rendszere számítógép vezérlésű, amely magában foglalja a stabilizátort, a közvetlen irányzást, egy második generációs televíziós rendszert, az automata, hőérzékelős célmeghatározó mérőműszert, továbbá egy lézeres irányzóberendezést és egy hőképes éjjellátó készüléket is. A parancsnok kétcsatornás panoráma-irányzékkal rendelkezik. A harckocsit, a hagyományos kommunikációs eszközökön túl ellátták Tadiran VRC-120 típusú hordozható rádióval, és belső kommunikációs berendezéssel is.

A Merkava-3 típusnál alkalmazott 105 mm űrméretű, huzagolt csövű ágyút egy 120 mm űrméretű sima csövű ágyúval váltották le, korszerűsítették, valamint az izraeli Vidco Industries hővédő burkolatával látták el a





10. ábra. T-90M típusú harckocsi a moszkvai Vörös téren (Forrás: Shutterstock)

lövégcsőgörbülés töréshelyének csökkentése érdekében.

A félautomata töltőberendezés biztosítja a cél megsemmisítéséhez szükséges lőszer kiválasztását. A harckocsi közel 48 darabos lőszerkészletet visz magával, ebből 10 darab azonnali betöltésre képes. Az APFSDS-T M711, HEAT-MP-T M325 és a TPCSDS-T M324 jelű lőszerfajtákat az Israel Military Industries gyártja. A harckocsilöveget úgy tervezték meg, hogy az a német, a francia és az amerikai 120 mm űrméretű löszereket is alkalmazhatja. A toronyon elhelyezett 12,7 mm űrméretű légvédelmi géppuskával alacsonyan szálló légi célokat (helikoptereket) képes leküzdeni. A fegyverzetet kiegészítették egy 60 mm-es vetőcsővel is, amely robbanó- és világító gránátokat tud kilőni, mintegy 2700 m távolságra.

A motor- és az erőátviteli rendszer beépítése során szakítottak a hagyományos rendszerrel és – elsősorban a kezelőszemélyzet védelme érdekében – azok a páncéltest első részébe kerültek. A páncéltest hátsó részét úgy alakították ki, hogy ott 8 fő (akár sebesültek is) szállítására nyílik lehetőség. A harckocsi mozgását egy 12 hengeres, „V” elrendezésű, 1100 kW (1500 LE) teljesítményű német MTU-dízelmotor biztosítja. A GD 883 típusú motor a General Dynamics Land Systems licence alapján készült, amelyhez 5 fokozatú automata sebességváltó kapcsolódik. A motor működése számítógéppel vezérelt.

A páncéltest fejlesztése mellett kiemelt figyelmet fordítottak a torony páncélvédettségére, megerősítették a tetőpáncélt a felülről támadó rakéták, robbanóanyagok ellen. Az aknák elleni védelem érdekében a haspáncélt ugyancsak megerősítették. A légkondicionált küzdőtér szűrő szellőzéssel és korszerű tűzjelző és oltórendszerrel is rendelkezik.

T-90M [14] [22]

A második világháborút követő harckocsifejlesztések alapjául a T-34 típus szolgált, míg a mai kor szovjet-orosz fejlesztései a T-72 típusú harckocsira épülnek. A T-90 típus is több módosításon ment keresztül, természetesen figyelembe vették a tervezett alkalmazási körülményeket és a vevők elvárásait. Jellemző a típus sokrétűségére, hogy mintegy 16 féle változata ismert, például az exportra szánt T-90S változat toronypáncéltátáték alakú elötét páncéllal látták el.

A Nyiznyij Tagil Uralvagonzavod a T-72BM bázisán fejlesztette ki ezt a harmadik generációs harckocsit, amely elektronoptikai aktív védelmi rendszerrel is rendelkezik. A 125 mm űrméretű 2A46M jelű síma csövű, két síkban stabilizált löveg automata töltőberendezése 6–8 s töltési idő alatt teszi tűzkésszé a fő fegyvert; a cél kiválasztása és megjelölése után, az annak leküzdéséhez kiválasztott osztott löszert a forgó löszertárolóból automatikusan betölti. A lövés utáni szellőztetés is automatikus. Célzott lövés leadása 5000 m lövtávolságig lehetséges. A tűzvezető rendszer Kalina 1A45T típusú, amely lehetővé teszi, hogy az irányzó célmegjelölését a harckocsiparancsnok felülbírálja. A ballisztikai számítógép és rakétavezérlő egység lézeres távolságmérővel, szélességmérővel, valamint GLONASS⁶ (Global Navigation Satellite System) műholdas navigációs rendszerrel rendelkezik. A harckocsi éjjellátó rendszerével 700–1100 m távolságig képes célazonosításra, de a francia Thales Optronique Chaterina-Fc hőkamerás éjjellátó beépítése után 4000 m távolságig is képessé tehető harckocsi méretű cél megjelölésére. A löveg tűzgyorsasága 6–8 lövés/perc. A löveg lőszerkészlete 42 darab,

amelyek közül 22 darab-ot az automata lőszer tároló rendszerben helyeztek el. A rendszeresített lőszerkészlet alapvető típusai:

- HEAT 3BK18M, 3BK29M kumulatív, páncéltörő lőszer;
- APDU 3BK21B szegényített uránnal készült, páncéltörő lőszer;
- HE-FRAG-FS 30F26 időzíthető, szárnystabilizált, repeszromboló gránát;
- APFSDS 3BM-44M leváló köpenyes, szárnystabilizált, páncéltörő lőszer;
- ATGM 9K119 Reflex vagy Reflex M lézervezérlésű páncéltörő rakéta.

A fegyverzethez tartozik még 12 darab, 81 mm-es ködgránát. Az álcázó köd fejlesztésére a típuson is alkalmazták a forró kipufogórendszerbe fecskendezett gázolajos ködképzést.

A kommunikációt az R-163-50K HF és az R-163UP FM rádiókészülékek biztosítják. A kezelőszemélyzet kommunikációját – mint minden szovjet/országi típus esetében – belső híradórendszer teszi lehetővé.

A harckocsi passzív védelmét Relikt féltaktív rendszer egészíti ki és Afganit aktív védelmi rendszerrel is felszerelhető. Az Afganit rendszer optoelektronikai radarja négy, impulzus Doppler-elven működő pásztázó fázisvezérelt antennarácspanelből, és az integrált ultraibolya tartományban működő, 360°-ban érzékelő körkörös kamerarendszerből áll. A passzív védelmet az acél-kompozit páncél, illetve a Kontakt-3, majd Kaktusz Relikt reaktív páncél biztosítja. Ezeket az elemeket nemcsak a páncéltest oldalán, hanem a torony tetején is elhelyezték. A harckocsira fentről támadó lövedékek, rakéták ellen utólag egy ketrecszerű védőrácscsereket építettek, ennek hatékonyságát azonban a szakértők vitatják. A páncéltestet Montija típusú radarhullám-elnyelő festékkel vonták be. Az ágyúlőszerket – szakítva a korábbi elhelyezéssel – csak a páncéltestben helyezték el, ezáltal csökkentve a kezelőszemélyzet veszélyeztetettségét. Az alsó orrpáncéla a KMT-7 típusú aknataposó és a KMT-8 aknakifordító eke is felszerelhető, és meghagyták az alsó orrpáncélon az önbeásó berendezést is. EMT-7 elektromágneses berendezés is telepíthető ugyanerre az elemre, amely elektromos impulzusok kibocsátásával működésképtelenné teszi a harckocsi előtti mágneses aknákat.

A harckocsi erőforrásoként típustól függően többféle motort építettek be. A 840 LE teljesítményű V-84MS motor az alaptípus, de szerelik az eszközt a 735 kW (1000 LE) teljesítményű V-84KD turbófeltöltős, és a 920 kW (1250 LE) teljesítményű, V-84 növelt teljesítményű motorral is. A futómű hagyományos elrendezésű, felfüggesztése torziós rendszerű, de a lánctagok nem betétes kivitelűek.

A T-90-es harckocsi háborús konfliktusokban is bizonyított, ahol több esetben a kapott találatok ellenére sem semmisült meg. A T-90-es képességeit tekintve – szakértők véleménye szerint – a T-14 Armata képességeivel vetekszik, előállításában azonban jóval olcsóbb.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [11] <https://www.militarytoday.com/tanks.htm> (Letöltve: 2021.10.7.);
- [12] Dangwal, Ashish 2021. World's 'Most Expensive' Main Battle Tank: Meet K2 Black Panther – The Ultimate War Machine – That Can 'Float On Water' <https://eurasianimes.com/worlds-most-expensive->

- main-battle-tank-meet-k2-black-panther/ (Letöltve: 2021.10.7.);
- [13] Miller, David. Korszerű harckocsik és harcjárművek Budapest: Kossuth Könyvkiadó, 1994;
- [14] Jane's Main Battle Tanks 27 March 2002 FIRST EDITION Military;
- [15] Forrás: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SETC_France%E2%80%99s_Defensive_Operations_Lane_\(41661152745\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SETC_France%E2%80%99s_Defensive_Operations_Lane_(41661152745).jpg) (Letöltve: 2023.2.2.);
- [16] <https://www.armyrecognition.com/> (Letöltve: 2022.9.30.);
- [17] Dr. Vég Róbert – Dr. Hegedűs Ernő. Dízelmotorok feltöltése és hűtése, különös tekintettel a katonai felhasználásra tervezett konstrukciókra II. rész Haditechnika LI. évf. 2017/1. pp. 7–8. <https://doi.org/10.23713/HT.51.1.02>;
- [18] Forrás: <https://military-wiki.com/vt-4-tank-successful-exported-version-of-the-chinese-main-battle-tank-ztz-99a/> (Letöltve: 2023.1.23.);
- [19] Forrás: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/30/Challenger_2_Main_Battle_Tank_patrolling_outside_Basra%2C_Iraq_MOD_45148325.jpg (Letöltve: 2023.1.23.);
- [20] Lesták Tamás. Konvencionális légierőből aszimmetrikus haderőnem? A brit királyi légierő műveleteinek jellemzői három évtized alatt Honvédségi Szemle 2022/2. pp. 38–39. <https://doi.org/10.35926/HSZ.2022.2.3>;
- [21] Forrás: Av Black Mammmba - Black Mammmba's original photo, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1876726> (Letöltve: 2023.1.23.);
- [22] www.army-technology.com/projects/ (Letöltve: 2020.10.03.).

JEGYZETEK

- 1 Az űrméret hossz alapvetően a tüzérségi eszközöknél szereplő technikai adat. Az űrméret hossz a lövegcső űrmérete (kalibere) és a lövegcső hosszúságának meghatározása azt fejezi ki, hogy a cső átmérője, (űrmérete) hányszor van meg a cső hosszában. Általában 23-25-szörös, de a 45-50-szeres érték vagy páncéltörő ágyúknál akár 85-szörös is lehet, (pl. a szovjet T-12-es, 100 mm-es vontatott páncéltörő ágyúnál). Célja a csőhosszúság növelése a lőtávolság, illetve a kezdősebesség növelése érdekében. Az űrméret a huzagolt csövű lövegeknél az ormózatok közötti távolság. A fegyver kalibere (űrmérete) mindig az ormózatok belső oldalán mért legnagyobb belső átmérő. Három fontos érték: a lövedékátmérő, a barázdaátmérő és a horony-/ormózatátmérő.
- 2 A Hyperbar dízelmotor egy, a feltöltővel egy egységbe integrált égőtér – lényegében egy önálló működésre képes kis méretű gázturbina – alkalmazásával, annak dízelmotorral történő összekapcsolásával küszöböli ki a turbófeltöltés szabályozási hibáit. A Hyperbar eljárás lényege, hogy a motorhoz kapcsolt nagy méretű turbófeltöltő egy mellékáramban közbeiktatott égőtér segítségével, a motortól függetlenül – gázturbinaként – önállóan is üzemeltethető, így az a részterheléseken is megfelelő töltőnyomás biztosítására képes. [17]
- 3 IFF – identification, friend or foe (idegen-barát felismerés).
- 4 A Telic hadművelet kódnév, amely alatt az Egyesült Királyság összes iraki katonai műveletét végrehajtották az iraki invázió 2003. március 19-i kezdete, és az utolsó brit erők 2011. május 22-i kivonása között. [20]
- 5 Merkava – a kifejezés héber jelentése: harci szekér.
- 6 A GLONASS az Orosz Űrvédelmi Erők által működtetett globális műholdas rádió navigációs rendszer, amelynek 24 műholdja, az Egyenlítővel 65°-os szöget bezáró 3 orbitális síkban, 19 ezer km magasságú röppályán, 11 órás keringési idővel keringés kód- és fázisadatokat küld két frekvencián. (A szerk.)

Koch Máté*

Mesterséges intelligencia és szimuláció

I. rész

BEVEZETÉS

Bár a szimuláció és a mesterséges intelligencia (MI) is több mint fél évszázada jelen van a haditechnikában, a szerepük az utóbbi évtized technológiai áttörései nyomán kezd igazán meghatározóvá válni. Az 1980-as évek végén az amerikai Fejlett Védelmi Kutatási Projektek Ügynöksége (Defense Advanced Research Projects Agency – DARPA) tanulmányt adott ki a neurális hálózatokról és azok alkalmazhatóságáról. E tanulmány előszavában a kutatásért felelős igazgató, prof. Bernard Widrow úgy fogalmaz, hogy bár a terület mindenképpen érdekes, és léteznek már kezdetleges, de bizta-

1. ábra. A Midjourney nevű MI-alapú képgenerátor 5.1-es verziója által generált kép „AI used for military decision making” promptrra [1]



1. táblázat. A mesterséges intelligencia szerepe a mindennapokban (A szerző szerkesztése)

Működési terület	A funkció leírása
Beszéd felismerés	Mobil eszközökbe és asztali számítógépekbe épített intelligens asszisztensek képesek felismerni a beszédet, és azt szöveggé konvertálni.
Nyelvi feldolgozás	A beszéd felismeréssel vagy közvetlen adatbevitellel kapott szöveget az MI képes kontextusfüggően értelmezni, arra válaszolni, más nyelvekre lefordítani.
Képfelismerés	Az arcfelismeréstől a vezető nélküli járművek komplex környezet-érzékelésén át az orvosi diagnosztikáig, rengeteg különféle képfelismerő MI dolgozik a hétköznapi rendszerek mögött.
Banki csalás detektálása	Egy, talán kevésbé ismert terület, hogy a hitelkártya-tranzakciókat a legtöbb pénzintézet már MI-alapú rendszerekkel ellenőrzi, amelyek a korábbi szabályalapú szűréseknél jelentősen magasabb hatékonysággal tudják kimutatni a visszaéléseket.

tó eredmények, a kutatást körülölgő felhajtás és a túlzón optimista, a technológiai problémákat jelentősen alábecslő hangok miatt nehéz a technológia valós hasznosságát megállapítani. Widrow szerint a neurális hálózatoknak bizonyítaniuk kell, hogy komplex, valós feladatokat is meg tudnak oldani a korábbi megoldásokhoz képest jelentősen jobb eredménnyel. [2] Az azóta eltelt idő számos bizonyítékot

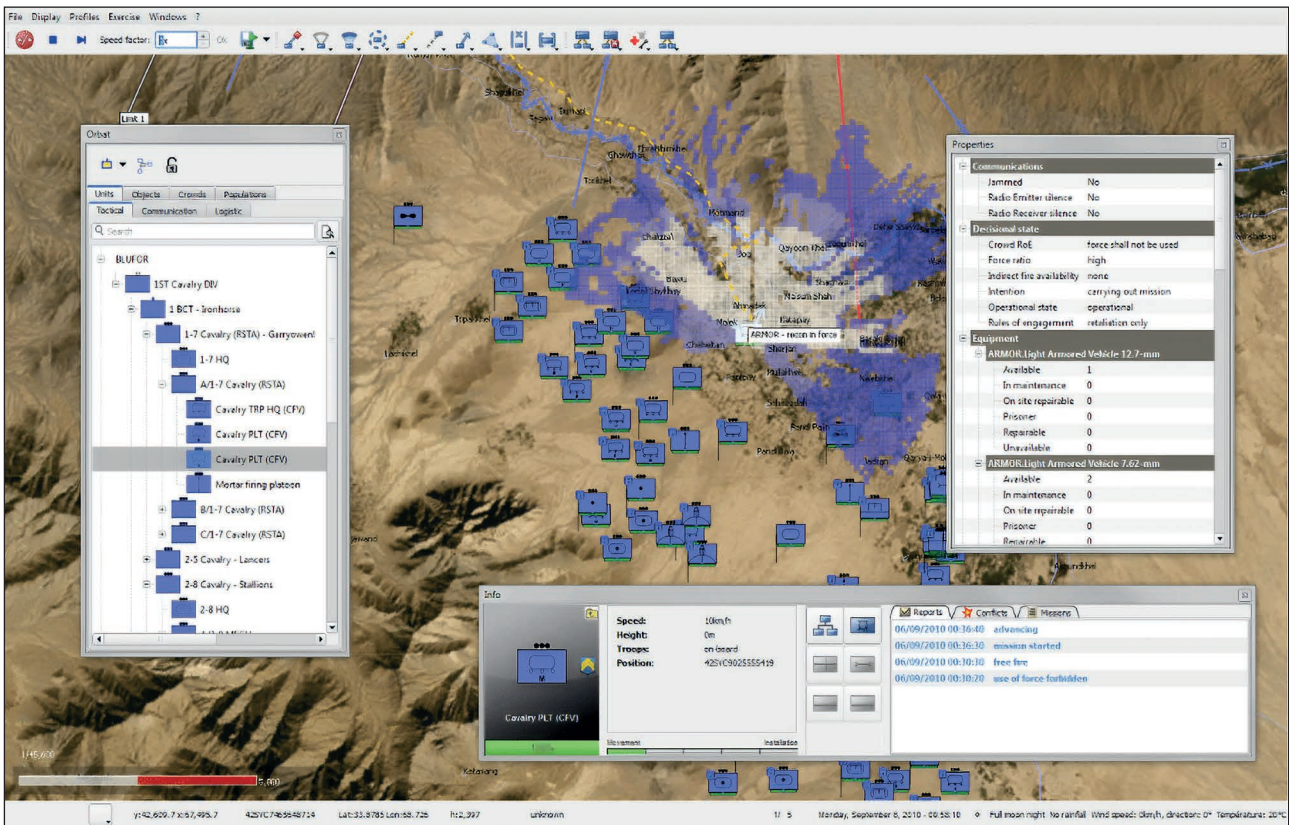
ÖSSZEFOGLALÁS: A szimuláció és a mesterséges intelligencia (MI) hatalmas fejlődésen ment keresztül az elmúlt évtizedben. Az eredmények új távlatokat nyitnak a haditechnikai felhasználás területén is. A korábban csak kiképzésre használt szimulációs rendszerek egyre több entitás, egyre komplexebb folyamatok modellezésére képesek. A következő generációs fegyverrendszerek fejlesztése elképzelhetetlen szimulált szintetikus környezetek nélkül, de ez a technológia a döntéstámogatási folyamatokat is megreformálhatja. A szerző tanulmányában a szimuláció és az MI együttes haditechnikai felhasználásának lehetőségeit vizsgálja.

KULCSSZAVAK: szimuláció, mesterséges intelligencia, szintetikus környezet, megerősítéses tanulás, ember nélküli rendszerek

ABSTRACT: Simulation and artificial intelligence [AI] have undergone a huge development in the past decade opening new horizons for defense and security related applications. Formerly simulation was mainly used in training applications, but with scaling up the number of entities and the fidelity, it can be used to simulate more and more complex scenarios. Next generation weapon systems can not be developed without simulated synthetic environments, and those will also reform operations and decision making. This paper discusses the potential use of AI and simulation in defense applications.

KEY WORDS: simulation, artificial intelligence, synthetic environment, reinforcement learning, unmanned systems

* Innovation and Technology Lead, D&S International, CAE GmbH. ORCID: 0009-0007-5803-4894



2. ábra. A MASA SWORD elnevezésű konstruktív szimulációs szoftver képernyőképe [3]

hozott, az MI egyre összetettebb feladatokat old meg, és a mindennapi élet részévé vált. Az 1. táblázat a teljesség igénye nélkül foglal össze néhány területet, ahol az MI szerepe a mindennapokban meghatározó.

Bár a fenti példák is érdekes haditechnikai felhasználásra adnak lehetőséget (pl. a beszédfelismerés, a nyelvi feldolgozás új távlatokat nyit a hírszerzésben, az MI-alapú képfelismeréssel rendkívül gyorsan analizálhatók a kamerafelvételek), a tanulmány további részében az MI-nek a szimulációval összefüggő néhány más más ágát vizsgáljuk.

A SZIMULÁCIÓ FEJLŐDÉSE

A haditechnikában alkalmazott leggyakoribb szimulációk két csoportba sorolhatók: a *virtuális* és a *konstruktív szimuláció* körébe. A virtuális szimuláció esetén valós emberek szimulált eszközöket irányítanak, míg a konstruktív szimuláció esetén nemcsak az eszközök, hanem az őket irányító személyek egy része is szimulált. (2., 3. ábra)

A virtuális és a konstruktív szimuláció közötti főbb különbségeket a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat. A virtuális és a konstruktív szimuláció közötti főbb különbségek (A szerző szerkesztése)

	Virtuális szimuláció	Konstruktív szimuláció
Felhasználási cél	Egyes eszközök minél pontosabb szimulációja azzal a céllal, hogy az eszközt használó személyzetet kiképezzék. (Pl.: egy helikopter-szimulátor a pilóta képzéséhez.)	Vezetők képzése egy sokszereplős szcenárió szimulálásával. (Pl.: egy dandár szintű szimuláció parancsnokok kiképzéséhez.)
Erősségek	A szimulált eszköz modellje általában rendkívül precíz.	Sok entitást tud egyszerre szimulálni.
Szimulált entitások maximális száma	1–100	10 000–100 000
Időskála	Valós idejű	Általában a valós idejűnél gyorsabb.
Térbeli felbontás	Nagyon magas felbontás.	Jellemzően kisebb felbontás, pl. 50 m-es raszter.
Időbeli felbontás	60 Hz vagy magasabb.	Általában 1 Hz alatt.





3. ábra. Virtuális szimulátoros kiképzés F-16-os vadászpilóták számára [4]

A virtuális és a konstruktív szimuláció nem csak az eltérő felhasználási célok miatt fejlődött külön, ennek technológiai okai is vannak. A számítási teljesítmény és az adatcseré-folyamatok sebessége erősen limitálja a rendszerek skálázhatóságát. Egy vadászpilóták kiképzésére fejlesztett szimulátorok élethűen kell modellezni a hangsebesség két-háromszorosával haladó repülőeszközöket, amely két-háromszorosánál akár egy kilométert is megtehet. Ennek az az ára, hogy az egyszerre szimulálható entitások száma limitált. A helyzetet tovább bonyolítja, hogy a modern fegyverrendszerek szenzorai nagyon nagy távolságról, magas felbontással képesek a környezet és a célok felderítésére. Ez azt jelenti, hogy az egyes entitásoknak nem csak arról kell folyamatosan értesülniük, hogy milyen más entitások vannak a közvetlen közelükben, hanem a 10–100 km-rel távolabbiakról is folyamatosan tudniuk kell. Az entitások közötti lehetséges interakciók számának függvényében a szükséges számítási és adattovábbítási kapacitás négyzetesen, vagy akár annál is meredekebben növekedhet. (Például, ha pontosabb szimulációt szeretnénk az elektronikai hadviselésről is, fizikai alapú rádióhullám-szimulációval.)

Egy egyszerűsített példán keresztül ez azt jelenti, hogy ha egy adott, például 16 processzormagos számítógép-konfiguráció 100 entitás szimulációjára képes, akkor 200 entitáshoz 256 magra, 400 entitáshoz pedig már több, mint 65 000 magra lenne szükség.

A konstruktív szimulációk ezt a kihívást egyrészt a szimuláció felbontásának csökkentésével (ahelyett, hogy másodpercenként 100-szor számolnának pozíciót, csak 2-5 másodpercenként számolnak), illetve az alkalmazott modellek egyszerűsítésével oldják meg (a pontos fizikai modellek helyett közelítő modelleket használnak, csak a hatást szimulálják, nem a tényleges jelenséget).

A technológiai limitációk miatt kialakult szeparáció azonban nem azt jelenti, hogy nincs is igény egy olyan rendszerre, amely egyesíteni tudja a nagy felbontású modelleket a sok entitás kezelésének lehetőségével. Az összefegyveremi harc, a modern, aszimmetrikus, részben akár civil lakosságot is érintő konfliktusok modellezése mind olyan skálázható rendszert kíván, amely egyszerre nagy részletességgel tudja szimulálni minden eddignél több entitás viselkedését.

Az entitások mozgásának, viselkedésének, egymással történő interakciójának szimulálásán kívül a környezet más jellemzőit is modellezik a fent leírt rendszerek. A fizikai környezet digitális mását – amely magában foglalhatja a 3D-s terepadatbázist, a vizeket, az ember és a természet által alkotott tereptárgyakat, a légkört és az időjárás, az infrastruktúrát, mint például az ivóvíz-, az elektromos, az út- vagy a vasúthálózat, az elektromágneses spektrumot, és még sok más tényezőt – nevezhetjük *szintetikus környezetnek*.

A KÖVETKEZŐ GENERÁCIÓS SZINETIKUS KÖRNYEZET

Az előzőekben ismertetett két szimulációs paradigma, a virtuális és a konstruktív szimulációk előnyeinek egyesítésével egy olyan új rendszert lehet definiálni, amely jól skálázható, és képes egyszerre nagyszámú entitás nagy pontosságú szimulációjára valós időben, vagy akár gyorsabban.

A korábbi rendszerek felhasználási területe leginkább a kiképzés, a begyakorlás volt, illetve bizonyos konstruktív szimulációkat hadijátékra, doktrínák tesztelésére és fejlesztésére is használtak. A skálázható következő generációs szintetikus környezetek ebben a tekintetben is áttörést hozhatnak. A jelentősen megnövekedett entitásszám, a szimulálható faktorok bővülése és a nagyobb pontosság lehetővé teszi olyan komplex szcenáriók modellezését is, amelyek már döntéstámogatásra is alkalmasak.

A skálázhatóság nem csupán azt jelenti, hogy az entitások száma növekedhet, hanem azt is, hogy az egyes entitások modellje, viselkedése realizisztikusabbá válhat. A haditechnikában alkalmazott szimuláció eleinte kizárólag kinetikus modellekre épült. Például: eltalálja-e a lövedék a helikoptert, van-e elegendő hajtóanyag a harcokocsiban, hogy elérjen a célpontba? A kinetikus rétegre később más fizikai rétegek épültek, például infravörös szenzorok, radarok, és az elektronikai hadviselés egyéb eszközeinek szimulációja. A napjainkban folyó komplex konfliktusokból láthatjuk, hogy a teljes kép megalkotásához jóval többre van szükség. Az arab tavasz megmutatta a közösségi hálózatok jelentőségét [5], az orosz–ukrán konfliktusból pedig jól látszik, hogy hogyan tudnak civil felhasználásra szánt rendszerek (pl. StarLink műholdas internetszolgáltatás, vagy mobiltelefon-hálózatok), kereskedelmi forgalomban kapható drónok [6], és civilek által mobiltelefonos applikáción keresztül üzemeltetett hírszerzési rendszerek [7] hatékonyan összefonódni a hagyományos harcászattal. A jelenleg használt szimulációs megoldásokban kevésbé elterjedt domén a kibertér és a világűr. Ha olyan rendszert szeretnénk építeni, amely ezeket a konfliktusokat is hűen modellezi, akkor mindenképpen szükségünk lesz arra, hogy a szimulációs rendszer a hagyományos harci eszközöket leíró fizikai modelleken túl, képes legyen az új folyamatok, és a civil, tradicionálisan a harcászaton nem használt eszközök, rendszerek leírására is. Abban a pillanatban, hogy a civil lakosság is érintett a konfliktusban (például CIMIC – Civil-military co-operation, azaz civil-katonai együttműködés többek között egy nagyobb természeti katasztrófa, vagy információs hadviselés esetén), a viselkedésüket, reakciójukat leíró modellekre is szükség van, ez pedig önmagában is kihívás, hiszen a közösségi médián keresztüli befolyásolás, álhírkampány önálló területté nőtte ki magát a modern hadviselésben.

A következő generációs szintetikus környezet másik fontos tulajdonsága, hogy a korábbi, jellemzően zárt rendszer-

rekhez képest nyílt, erősen moduláris felépítéssel kell rendelkeznie, és az iparági szabványokat követve kell kapcsolódnia más rendszerekhez. Ahhoz, hogy a szövetséges országok hadereje együttesen hajthasson végre műveleteket, nem elég a harcászati rendszerek, doktrínák harmonizációja, az előkészítési, döntéstámogatási folyamatokban egyre nagyobb szerepet kapó szimulációs rendszereknek is együtt kellene működniük. A szimulációs rendszerek összekötése gyakran okoz problémát az eltérő architektúrák, protokollok és a különféle (pl. terep) adatbázisok közti különbségek miatt. Külön kihívás a különböző biztonsági besorolású rendszerek csatolása. A rendszerek összekötése azonban csak az első lépés, a következő generációs szintetikus környezeteknek nem csupán összeköthetőnek kell lenniük, de összeépíthetőnek is. A 6. generációs vadászgépek legjobb szimulációs modellje, és a közösségi hálózatokon terjedő álhírek civil lakosság hangulatára gyakorolt hatásait leíró modell valószínűleg teljesen különböző cégektől, intézetektől érkezik majd. A múltban épített, jelenleg használt szintetikus környezetek nagy része zárt rendszer, minden bennük lévő tartalmat a fejlesztő cég készítette, ez azonban nem fenntartható a komplexitás növekedésével.

A megnövekedett komplexitás feldolgozására jelentősen több bemeneti adatra van szükség. Részletesebb terepadatok, pontosabb, az entitásokat és azok viselkedését leíró paraméterek szükségesek. Egy tipikus konstruktív szimulációs gyakorlatban egy dandár szintű hadgyakorlat elvégzéséhez akár többhetes előkészítő munkára, és a gyakorlat folyamán 20 fős operátor személyzetre is szükség lehet. Ha ezt lineárisan skálázzuk, könnyen belátható, hogy ez az előkészítési folyamat hagyományos módszerekkel nem lesz fenntartható. A megnövekedett adatszükségletet, és annak kezelését nagyfokú automatizálással, gépi tanulás és MI segítségével lehet kielégíteni. (Erről a technológiáról a tanulmány második részében szólunk részletesen.)

A körülöttünk lévő világ digitalizációja sokat segíthet az adatok megszerzésében. Kormányzati szervek, startupok és piacvezető high-tech cégek sokasága foglalkozik digitalizálással. Az időjárástól a terepadatokon át a földi, légi és vízi közlekedés követéséig, számtalan forrás szolgáltat historikus vagy valós idejű adatokat. A katonai alkalmazásban a fejlett C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance – parancs, ellenőrző, kommunikációs, számítógépek, hírszerzés, megfigyelés és felderítés) és ABMS (Advanced Battle Management System – fejlett harcvezetési rendszer) rendszerek képesek valós, vagy közel valós idejű adatot szolgáltatni.

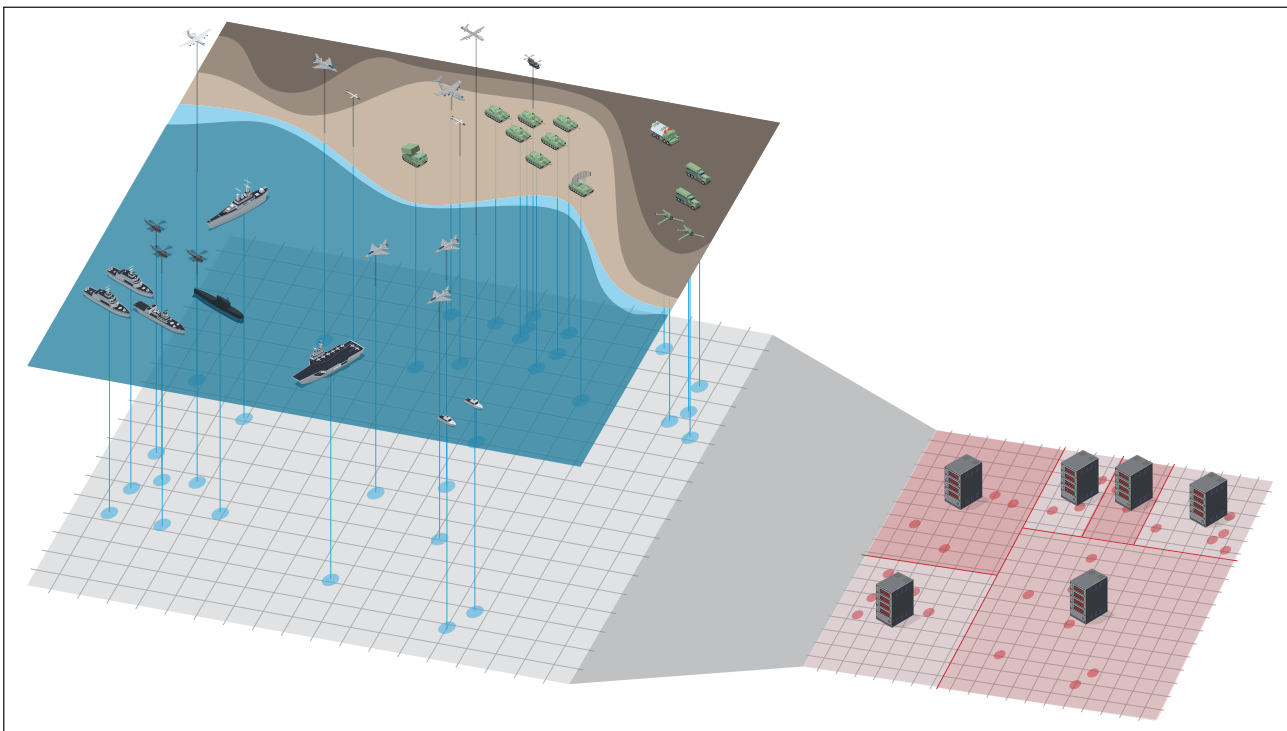
Mindezek összessége felvázolja a jövő döntéstámogatási rendszerét. Egy olyan, összekapcsolt rendszerekből álló képességet, amely valós idejű civil és hadszíntéri adatokat felhasználva képes az aktuális szituációról egy reprezentatív szimulációt, digitális ikermásolatot készíteni. A szimuláció a különböző cselekvési vázlatokat futtatva segíthet a vezetőknek az adott szituációban a leghatékonyabb döntést meghozni

SKÁLÁZHATÓSÁG TÉRBELI PARTICIONÁLÁSSAL

A következő generációs szintetikus környezetek egyik kulcsfontosságú tulajdonsága a skálázhatóság. Az entitások számának, a szimulációs modellek komplexitásának, a térbeli vagy időbeli felbontásának növelése mind számítási kapacitás, mind adatforgalom tekintetében jelentős növekedést jelent.

Az egyes informatikai rendszerek, mint a processzor, a memória, a belső és külső adattovábbításra használt buszok és interfészek önmagukban is rengeteget fejlődtek, ám a korábban leírt példa szerint a skálázás a lineárisnál jóval meredekebb mértékben növekvő szükségleteit csak több számítógép együttes használatával lehet kielégíteni.

4. ábra. Egyszerűsített példa az entitások síkba vetítéséről és térbeli felosztásáról (A szerző szerkesztése)





5. ábra. A katonai alkalmazásban a fejlett C4ISR rendszer képes nagy tömegű, közel valós idejű adatot szolgáltatni, amely kezelését nagyfokú automatizálással, a gépi tanulás és az MI segítségével lehet feldolgozni (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / Rácz Tünde)

A felhő-technológia előnye, hogy több gépet dinamikusan összekapcsolva olyan kapacitást lehet elérni, amely korábban lehetetlen volt.

Az entitások számának növekedését felhő-architektúrában, például a dinamikus térbeli particionálás módszerével lehet elérni. Képzeljünk el egy felhőalapú rendszert, amelyben az egyes számítási egységek (node-ok) dinamikusan állnak rendelkezésre. A felhő működtetéséért felelős rendszernek jelezve lehet további node-okat igényelni, vagy a felszabadultakat visszaadni. A szimulált szcenárióban lévő entitásokat a Föld felszínén, illetve alatta/felette mozgó egységekként elképzelve vetítsük a 3D-s földgolyót egy 2D-s felületre, a körülötte/rajta mozgó entitásokkal együtt. Az így kapott terület tartalmazni fogja az összes entitást, amelyeket az egyszerűség kedvéért a középpontjukat jelző ponttal helyettesítünk. A térképre most rajzoljunk poligonokat úgy, hogy minden entitást jelző pont pontosan egy poligonba essen. Ezeket a poligonokat hozzárendelhetjük a felhőrendszer node-jaihoz (1 poligon = 1 node), ezzel azt jelezve, hogy az adott node felelős a hozzá tartozó poligon összes entitásának szimulációjáért.

Könnyen belátható, hogy attól függően, hogy hogyan rajzoljuk meg ezeket a poligonokat, különböző elosztásokat tudunk generálni, ahol a szimulációhoz használt node-ok száma, és azok kihasználtsága is különböző. A probléma ekkor egy optimalizálási feladattá válik: hogyan tudjuk a legkevesebb poligon (node) felhasználásával úgy felosztani a szimulációs teret, hogy egyetlen node se legyen túlterhelve. Az entitások mozognak, sőt, akár keletkezhetnek/megszűnhetnek a szimuláció során. Az ideális algoritmus úgy tudja dinamikusan mozgatni a poligonok határait – sok entitást tartalmazó poligonokat kisebb poligonokra felosz-

tani, kevés entitást tartalmazókat egyesíteni –, hogy a szimuláció teljes időtartama alatt optimálisan tartja a felhőforrások felhasználását. (4. ábra)

Ennek az optimalizációs feladatnak a megoldásával több cég is foglalkozik, az eredményeket a hadiipari felhasználáson túl az ipar, a civil védelem, az online játékipar és az épülő metaverzum is felhasználja.

Míg a történelem során a katonai technológia sokszor járt elől, és az ott kifejlesztett újítások azután kerültek át a civil életbe, a szimuláció és a MI területén számos technológiai építőelem a hadiipari felhasználástól függetlenül fejlődik. Érdekes az összehasonlítás, hogy 2022-ben a videójáték-ipar teljes bevétele [8] globálisan az amerikai haderő éves büdzséjének kb. 25%-a volt [9]. Bár pontos adatok nem állnak rendelkezésre, sejtendő, hogy csak a videójáték-ipar jóval többet költ évente a professzionális szimulációhoz is felhasználható technológiák fejlesztésére, mint a legnagyobb költségvetéssel rendelkező haderő, a United States Armed Forces, és a videójáték-iparon kívül még számos piaci szegmens is épít rá (film-, reklámpiar; gépjármű- és építészeti tervezés stb.).

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Forrás: <https://www.midjourney.com> (Generálva: 2023.5.15.);
- [2] DARPA neural network study final report, United States. Air Force Systems Command, Lincoln Laboratory (1989) Lexington, Mass.: The Laboratory <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.31822032366791&view=1up&seq=5> (Letöltve: 2023.5.15.);
- [3] Forrás: https://www.armyrecognition.com/index_2013_news_coverage_report_pictures_video/masa_sword_constructive_simulation_showcased_at_index_2013_for_defense_ootw_training.html (Letöltve: 2023.5.15.);
- [4] Forrás: <https://www.cae.com/multimedia-centre/> (Letöltve: 2023.5.15.);
- [5] Howard, Philip N., Duffy, Aiden, Freelon, Deen et al. (2011). „Opening Closed Regimes: What Was the Role of Social Media During the Arab Spring?” Project on Information Technology and Political Islam (www.pITPI.org) at the University of Washington’s Department of Communication https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/117568/2011_Howard-Duffy-Freelon-Hussain-Mari-Mazaid_PITPI.pdf?sequence=1 (Letöltve: 2023.5.15.);
- [6] Jankowski, Tancrede. „The Proliferation of Militarized Civilian Drones in Ukraine: a Lesson from the War for Western Military Staffs” 2023. Network for Strategic Analysis (NSA) <https://ras-nsa.ca/the-proliferation-of-militarized-civilian-drones-in-ukraine-a-lesson-from-the-war-for-western-military-staffs/> (Letöltve: 2023.5.15.);
- [7] Harwell, Drew. “Instead of consumer software, Ukraine’s tech workers build apps of war” 2022. <https://www.washingtonpost.com/technology/2022/03/24/ukraine-war-apps-russian-invasion/> (Letöltve: 2023.5.15.);
- [8] Video Game Industry Revenue & Market Share (May 2023) BankMyCell, <https://www.bankmycell.com/blog/video-game-industry-revenue> (Letöltve: 2023.5.15.);
- [9] 2022-2023 Defense budget breakdown Bloomberg Government <https://about.bgov.com/defense-budget-breakdown/> (Letöltve: 2023.5.15.).

5. ábra. Az orosz légierő Szuhoj Szu-35 (Flanker) vadászbombázó repülőgépe (Forrás: Shutterstock)



Lesták Tamás*

Az orosz légierő alkalmazása az orosz–ukrán háborúban **II. rész**

A bevetett harceszközök harcászati jellemzése és műveletei

A 2022 februárjában megkezdődött orosz katonai műveletek Ukrajnában mindkét fél légi haderőnének széles körű, de több esetben szokatlan felhasználását hozták. A szerző tanulmányának első részében – a gyakran csak korlátozottan rendelkezésre álló információk alapján – röviden ismertette a bevetett orosz repülőeszközöket, valamint alkalmazásuk módját és az elért eredményeket. Bemutatta az orosz légierő alkalmazott stratégiáját és a légi csapatok egy speciális csoportját jelentő orosz szárazföldi haderő repülőerőit. A tanulmány második részében az orosz légi műveleteket támogató légvédelmi tevékenységről, és a kiinduló légibázisokról olvashatunk.

OROSZ SIKEREK

A különböző harctéri jelentések szerint az orosz légierő műveleteinek azon területei, amelyeken sikereket tudott felmutatni: a vadászrepülő alakulatok levegő-levegő tevékenysége, valamint a földi telepítésű légvédelem műveletei. Ukrajna teljes területén az orosz fél nem rendelkezik légi fölényrel, csupán a megszállt területeken, az ukrán légi alakulatok elleni levegő-levegő műveletek terén tudott sikereket elérni. [16] Elsősorban Harkiv, Herszon és Mikolajiv környékén került sor orosz légi győzelmekre (amelyeket

azonban nem minden esetben erősítettek meg a független források). Az orosz légierő mintegy 120 darab dedikált légi feladatokra optimalizált feladatkörű vadászgéppel rendelkezik a térségben, mindenekelőtt Szuhoj Szu-35-ös (Flanker-E), Szu-30SM és Mikojan-Gurjevics MiG-31BM (Foxhound) típusokkal. Habár nem hajtottak végre egyetlen nagyszabású támadó vagy védekező jellegű légi műveletet sem az ellenfél által ellenőrzött légtérben, hagyományos harci járőrözési feladatokat (CAP – Combat Air Patrol) és gyors reagálású riasztási (QRA – Quick Reaction Alert) feladatokat végeztek a jellemzően Szuhoj Szu-35-ös és Mikojan-Gurjevics MiG-31-es géppárok. Ezek a gépek szinte minden esetben az ukrán közepes hatótávolságú föld-levegő rakéták hatókörén kívül tevékenykedtek, és a földi irányítás vektoros irányításával, látóhatáron túli rakétákkal igyekeztek találatot elérni. A konfliktus első napjaiban több ukrán repülőeszköz is veszteséglistára került (Mikojan-Gurjevics MiG-29-es, Szuhoj Szu-27-es és Aero Vodochody L-39-es típusok), majd az ukrán hadvezetés a hátszágba vonta repülőgépei nagy részét. Kisebbségi légi bázisokon és polgári reptereken üzemelnek, gyakran mozogva ezen bázisok között, hogy csökkentsék az orosz rakéta- és tüzérségi csapások eredményességét. Az orosz merevszárnyú repülőgépek nem hajtottak végre igazán mélylégi támadást ezen légi bázisok ellen, erre a feladatra

* PhD, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi Doktori Iskola, ORCID: 0000-0001-5919-9585



a szubszonikus manőverező robotrepülőgépeket használták, amelyeket légi, tengeri és szárazföldi platformokról indítottak. (Az ukrán pilótákkal készített interjú során a hajózók hangsúlyozták, hogy szinte lehetetlen radar rávezetéssel megtalálni ezeket a jellemzően alacsony magasságon közeledő célpontokat, a kevés sikeres elfogás alkalmával a repülőgépek saját infravörös keresőrendszereit [IRST – Infrared Search and Track] kellett használniuk.) [17]

Az orosz járőr feladatokat a háború első szakaszától kezdve elsősorban Szuhoj Szu–35 típusok repülték, közeli és látóhatáron túli légi harc-rakétákkal, valamint radar elleni rakétákkal felszerelve. Géppárban, a „saját” légtérben (orosz vagy orosz megszállás alatti területen) járőrözve olyan ukrán repülőeszközöket kerestek, amelyek fenyegethették a szárazföldi előrenyomulást. Az egyik legsűrűbb ilyen járőrözési területet a fehérorosz légtérben alakították ki. A földi irányítás mellett Berijev A–50 (Mainstay) légtérelenőrző gépek végezték a célra vezetést az ukrán repülőgépek ellen. A legtöbb esetben az R–77-1-es (AA-12 Adder) légi harc-rakétát indították a lehető legnagyobb távolságból (lehetőleg még saját területéről vagy a lehető legrövidebb ideig tartó behatolással az ukrán légtérbe). [16] Ezzel a módszerrel bizonyos területeken sikerült időszakos lokális légi fölényt kialakítaniuk, mivel a föld-levegő légvédelmi rendszerek elleni alacsony vagy extrém alacsony magasságon sikerrel operáló ukrán repülőeszközök a Szuhoj Szu–35-ös géppárok ellen védtelennek bizonyultak. Ez a típus ugyanis már rendelkezik olyan eszközökkel, amelyeket kifejezetten az alacsony magasságon tevékenykedő célok elleni harcra optimalizáltak (pl. az NO35 Irbis ún. passzív elektronikus fázisvezérelt – PESA – Passive Electronically Scanned Array radar). 2022 nyarára az orosz Védelmi Minisztérium adatai szerint a konfliktusnak már egy „ász” pilótája is akadt, mégpedig Ilja Sizov alezredes, a Dzjomgi légi bázison települő 23. légiszázad parancsnok-helyettese személyében. Addig tizenegy igazolt légigyőzelme gyűlt össze, többek között ukrán Szuhoj Szu–24M/MR, Szu–27, Mikojan-Gurjevics MiG–29 merevszárnyú, valamint Mil Mi–24 és Mi–14PS³ forgószárnyas típusok ellen. Légi győzelmei többségét a déli frontszakaszon érte el, különösen az április-májusi időszakban, a Kígyó-sziget (Острів Зміїний) birtoklásáért folyó harcok során. A Szuhoj Szu–35-ös típus légi harcban nyújtott teljesítményéről több szerkesztett videófelvétel készült az orosz védelmi minisztérium jóváhagyásával, azonban nem szerkesztett verziók is napvilágot láttak, amelyek az R–77-1-es légi harc-rakéták kiterjedt használatáról tanúskodnak (példa erre egy 2022.

6. ábra. Az Ukrán Haditengerészet parancsnok-helyettesének lelégett Mil Mi–14PS forgószárnyasához hasonló konfigurációjú ukrán Mi–14PL (Haze-A) helikopterek [18]



májusi felvétel, amelyen egyetlen ukrán repülőgép ellen rövid időn belül három R–77-1-est is indítanak, majd a Szuhoj Szu–35-ös 90°-os kiválása után a gép NO35-ös radarja folytatja a rakéták célra vezetését.) [17] Az orosz légierő másik nagy hatótávolságú típusa, a Mikojan-Gurjevics MiG–31BM nehéz elfogó vadászgépet viszonylag korlátozott mértékben vetették be az ukrán háborúban, a típus elsősorban járőrözési feladatokat hajtott végre saját területéről. Független forrásból is megerősített jelentések szerint egy Mikojan-Gurjevics MiG–31BM egy R–37-es nagy hatótávolságú légi harc-rakétával semmisített meg egy alacsonyan repülő Szuhoj Szu–24M vadászbombázót a Donbassz régióban, 2022 áprilisában. [16] Ez volt ennek az igen ritkán használt orosz légi harc-rakéta típusnak az egyik bizonyítottan sikeres alkalmazása.

KIINDULÓ LÉGI BÁZISOK

Az orosz haderő légi alakulatai alkalmazásának pontos műveleti részleteit (bevetett repülőszázadok, használt légi bázisok, parancsnoki lánc, alkalmazott stratégia és taktika) igen nehéz megismerni, lévén még egy aktív hadműveletről beszélünk, tehát a harcoló felek erősen védik ezeket az információkat (különböző műveleti biztonsági intézkedésekkel OPSEC – Operation Security). A nemzetközi kereskedelmi műholdak azonban rendkívül fontos szerepet játszanak ebben a konfliktusban, hiszen több esetben is pontos információkat szolgáltatott az orosz erők elhelyezkedéséről, manővereiről (nem beszélve a NATO-szövetséges államok, elsősorban az USA katonai felderítésének információiról). Ezekből megállapítható volt, hogy az orosz légierő összesen több mint harminc front légi bázisra és előretolt légibázisra összpontosította repülőeszközait. Emellett a különböző források által nyilvánosságra hozott videófelvételek (az orosz Védelmi Minisztérium által alkalmazott cenzúra ellenére) szintén lehetővé teszik a használt légi bázisok azonosítását, a bevetett repülőalakulatok kilétére pedig az esetlegesen veszteséglistára került repülőgépekről készült képek, valamint – az elsősorban a helyi sajtóban – az elhunyt hajózókról megjelenő gyászjelentések utalnak. [19]

Földrajzi okokból, és a rendkívül hosszú közös határszakasz miatt számos békeidőben is Ukrajnához közel települő repülőszázad vesz részt a műveletekben, azonban a

7. ábra. Szuhoj Szu–25 (Frogfoot) típusú pánccélozott csatarepülőgép egy orosz katonai légibázison (Forrás: Shutterstock)



1. táblázat. Orosz gyártású vadászrepülőők főbb harcászati-technikai adatai (A szerző szerkesztése a [24] [25] [27] [28] alapján)

Technikai jellemzők	Szuhoj Szu-24 (Fencer)	Szuhoj Szu-25SM (Frogfoot-A)	Szuhoj Szu-27 (Flanker)	Szuhoj Szu-30SM (Flanker-H)	Szuhoj Szu-34 (Fullback)	Szuhoj Szu-35S (Flanker-E)	MiG-29 (Fulcrum)	MiG-31BM/I/K (Foxhound)
Felszállótömeg [kg]	39 700	17 600	33 000	33 000	45 100	34 500	18 000	46 200
Hasznos teher [kg]	20 700	6860	16 620	8450	22 600	16 100	7000	24 375
Szárnyfesztávolság [m]	17,63	14,52	14,7	14,70	14,05	15,3	11,36	13,45
Hajtóművek típusa	Lyulka AI-21F-3A (2 db)	Szojuz/Gavrilov R-195Sh (2 db)	Saturn AI-31F (2 db)	Saturn AL-31FP (2 db)	Saturn AI-31F (2 db)	Saturn AL-31F 117S (2 db)	RD-33 (2 db)	Szolovjev D-30F6 (2 db)
Hajtómű teljesítménye [kN, egyenként]	75	44,13	79,4	74,5	74,5	86,3	49,6	93
Maximális sebesség [km/h]	2321	950	2500	2000	1900	2390	2400	3000
Csúcsmagasság [m]	17 500	7000	17 300	17 500	14 000	18 000	18 000	20 600
Maximális hatótávolság [km, légi utántöltés nélkül]	2500	750	3000	3000	4500	3600	1430	3300

2. táblázat. Bombázó-repülőgépek főbb harcászati-technikai adatai (A szerző szerkesztése a [24] [26] [27] alapján)

Technikai jellemző	Tupoljev Tu-160 (Blackjack)	Tupoljev Tu-22M3 (Backfire-C)	Tupoljev Tu-95MS (Bear)
Felszállótömeg [kg]	275 000	126 400	188 000
Hasznos teher [kg]	165 000	72 900	93 600
Szárnyfesztávolság [m]	55,7 (előrenyilazott állapotban), 35,6 (hátranyilazott állapotban)	34,28	50,05
Hajtóművek típusa	Szamara NK-321 (4 db)	Kuznyecov NK-25 (2 db)	Szamara-Kuznyecov NK-12MP (4 db)
Hajtómű teljesítménye [kN, egyenként]	137,3	142,2	11 025 [kW]
Maximális sebesség [km/h]	2220	2000	920
Csúcsmagasság [m]	16 000	13 300	12 000
Maximális hatótáv [km, légi utántöltés nélkül]	7300	5100	6400

konfliktus kezdete óta az orosz légierő fronttól távol települő alakulatainak jelentős részét is áttelepítették. A nemzetközi médiában híressé vált átmeneti jelzések is segítenek beazonosítani a részt vevő alakulatokat. A Fehéroroszországból tevékenykedő alakulatok gépeit V (Vosztok) jelzéssel látták el, míg a Déli és Nyugati Katonai Körzethez tartozókat Z (Zapad) jelzéssel. Ahogy fentebb utaltam rá, a háború kezdetére több, mint 130 darab forgószárnyast telepítettek át számos fehéroroszországi előretolt bázisra, több, mint 50-et küldtek Harkiv környékére és a Donbasz területére, továbbá a krími bázisokon is 100 feletti darabszám áll rendelkezésre. Mindez az orosz légi haderőnem teljes helikopter-állományának döntő részét jelentette. Emellett valamennyi Szuhoj Szu-25-ös bombázó repülőgéppel felszerelt alakulat részt vesz a konfliktusban, az összes oroszországi, ukrán fronttól nagy távolságra eső repülőszázadtól áttelepülve Fehéroroszországba, a Krím-félszigetre vagy Ukrajna bizonyos részeire. A Szuhoj Szu-35S és Szu-30SM repülőeszközöknek azonban – nagyobb hatótávolságuknak köszönhetően és állandó bázisaik viszonylagos közelsége okán – jellemzően nem kellett áttelepülést végrehajtaniuk, hanem saját légi bázisaikról repülve tudták végrehajtani feladataikat. [20]

Mindezek a műveletek nagyon komoly logisztikai támogatást követeltek meg, mind a konkrét áttelepülések érdekében, mind a számos előretolt légi bázis vagy épp tábori repülőtér kialakítását segítve. Ezekre a kihívásokra nem minden esetben állt készen az orosz haderő⁴, ezt támasztották alá a háború kirobbanását követő napokban készült műholdfelvételek, amelyek még mindig félkész állapotban lévő üzemanyag-tárolókat, épülő mobil lőszerkonténereket, átmeneti légi forgalmi irányító tornyokat és kiegészítő kifutópálya-burkolatokat mutattak. Minden egyes előretolt légi bázis 30 darab helikopter egyidejű kiszolgálására képes kapacitással rendelkezik, és a legtöbb bázison osztoztak a Mil Mi-8-as, Mi-24-es, Mi-28N és Kamov Ka-52-es típusok. [21] Emellett a különböző felvételeken láthatók voltak egyszerű mezőgazdasági területeken, vagy városi ipartelepeken kialakított tábori repülőtereken üzemelő harci helikopterek is. Ilyen előretolt légi bázist alakítottak ki a fehéroroszországi használaton kívüli légi bázison, Bolsoj Bokovban is. Az anyaországi Belgorod és Valujkij sportrepülőtereit is átalakították. A Krím-félszigeten, a Donuzlav tónál (Донузлав) is kialakítottak egy előretolt légi bázist, amely több, mint 60 darab helikopter kiszolgálására volt alkalmas. Ezenfelül – orosz kézre kerülését követően –,



3. táblázat. Orosz harci repülőgépek jellemző fegyverei (A szerző szerkesztése a [24] [25] [26] alapján)

Repülőgéptípus	Hordozható fegyverzet
Szu-24	Gsh-6-23 23 mm-es beépített gépágyú, Kh-23 irányított levegő-föld rakéta, Kh-58 irányított rakéta, Vympel R-60 levegő-levegő rakéta, továbbá Kh-25, Kh-29, Kh-31 és Kh-59 levegő-föld rakéták. KAB-500 bombák.
Szu-25SM	30 mm-es beépített gépágyú, Vikhr-M páncéltörő rakéta, Kh-29T irányított levegő-föld rakéta, Kh-25ML, Kh-29L lézerrányítású levegő-föld rakéta, Kh-35 hajó elleni rakéta, Kh-58, Kh-35P radarelhárító rakéta, R-27, R-77, R-73 levegő-levegő rakéták, KAB-500 rakéta.
Szu-27	GSh-301 beépített gépágyú, R-27R1, R-73E, KAB 500 bombák.
Szu-30SM	GSh-30-1 beépített gépágyú, R-27, R-73, R-77 levegő-levegő rakéta, Kh-29, Kh-59 levegő-föld rakéta, Kh-31 hajó elleni rakéta, KAB-500/1500 szabadesésű bombák.
Szu-34	GSh-301 beépített gépágyú, R-77, R-73 levegő-levegő rakéták, Kh-25, Kh-29 levegő-föld rakéták, Kh-35, Kh-41, Jakont hajó elleni rakéták, Kh-58 radar elleni rakéták, KAB-500, KAB-1500 bombák.
Szu-35S	Vympel R-27, R-77, R-73E levegő-levegő rakéták, Molnija Kh-29, Khg-31P és Kh-58 levegő-föld rakéták, Kh-31 hajó elleni rakéták, Kh-59MK, Kalibr és Yakont levegő-föld rakéták.
MiG-29	30 mm-es beépített gépágyú, R-27, R-73, R-60 levegő-levegő rakéták, S-5, S-8, S-24 nem irányított rakéták.
MiG-31BM/I/K	Gsh-6-23M 30 mm-es beépített gépágyú, Vympel R-33E, R-60MK, R-40 levegő-levegő rakéták.
Bombázórepülőök	
Tu-160	Kh-55 és Kh-55MS stratégiai manőverező robotrepülőgépek, Kh-15P levegő-föld rakéták, szabadesésű bombák 50 t tömegben.
Tu-22M3	GSh-23 23 mm-es beépített gépágyú, Kh-22 levegő-föld rakéták, Kh-15 és Kh-15P radarelhárító rakéták, FAB-250 és FAB-1500 szabadesésű bombák.
Tu-95MS	GSh-23 23 mm-es beépített gépágyú, Kh-55, Kh-15, Kh-101 manőverező robotrepülőgépek, Kh-65 hajó elleni rakéták.



8. ábra. Az Orosz Légi- és Űrerők Szuhoj Szu-35 (Flanker) típusú vadászbombázó repülőgépe a Zsukovszkij repülőtérre történő leszállás közben [22]

Herszonban is létrehoztak egy ilyen bázist. A Szuhoj Szu-25-ösök tevékenységével kapcsolatos érdekesség, hogy a műholdfelvételek tanúsága szerint, bár az eszközöket kiépített repülőterekre telepítették át, a teljes „tábori” eszközparkjukat (lőszer, mobil üzemanyagtöltő rendszerek) mégis magukkal vitték. [20]

A harcok 2022 nyári és őszi folytatódásával a már említett V csoport légi egységei is bázisokat „váltottak” a Taganrog légibázisra. Annak érdekében, hogy a jelentős számú helikopter és Szuhoj Szu-25-ös csapásmérő gép elférjen, a bázison honos szállító repülőszázad Iljusin Il-76 (Candid) szállítógepeit áthelyezték. A bázist ellátták továbbá a nemrégiben rendszerbe állított Sz-350 föld-levegő

rakétarendszerrel is. A csapatok ilyen jellegű mozgatása a szárazföldi hadműveletek fókuszának változásával ismételten rávilágított a földi csapatok légi támogatására vonatkozó orosz és nyugati doktrinális különbségekre. [23]

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [16] Bronk, J., Reynolds, N., Watling, J. „The Russian air war and Ukrainian requirements for air defence, Special report” *Royal United Services Institute for Defence and Security Studies*, 2022.11.07. <https://static.rusi.org/SR-Russian-Air-War-Ukraine-web-final.pdf> (Letöltve: 2022.12.1.);
- [17] Mladenov, Alexander. „Striking a blow”, *Airforces monthly* November 2022. Key Publishing, 2022.;
- [18] Forrás: Szergej Smolencev, CC BY 4.0, via Wikimedia Commons. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mi-14PL.jpg> (Letöltve: 2023.4.1.);
- [19] Ovsyaniy, Kyrlyo. „A source of death: Air bases in Russia, Belarus and Crimea used in Moscow’s assault on Ukraine.” *Radio Free Europe*, 2022.03.24. <https://www.rferl.org/a/russia-air-bases-crimea-belarus-ukraine-attack/31769006.html> (Letöltve: 2022.11.23.);
- [20] Ripley, Tim. „Russia’s air power at war”, *Airforces monthly* December 2022. Key Publishing, 2022.;
- [21] Tiwari, Sakshi. „Russian military changes tactics to prevent its KA-52 Alligators from being ‘chopped off’ in Ukraine war” *The Eurasian Times*, 2023.02.21. <https://eurasiatimes.com/russian-military-changes->

- tactic-to-prevent-its-ka-52-alligators/ (Letöltve: 2023.2.26.);
- [22] Forrás Sukhoi Su-35 Super Flanker, Russia - Air Force *Wikipedia Commons* https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sukhoi_Su-35_Super_Flanker,_Russia_-_Air_Force_JP7665544.jpg (Letöltve: 2023.4.1.);
- [23] Gordon, Chris. „Russian Air Force 'Has lot of capability left' on year on from Ukraine invasion” *Air and Space Forces Magazine*, 2023.02.15. <https://www.airandspaceforces.com/russian-air-force-lot-of-capability-left-ukraine-invasion/> (Letöltve: 2022.12.20.);
- [24] <https://www.airforce-technology.com/>;
- [25] <http://www.military-today.com/>;
- [26] <http://www.flugzeuginfo.net/>;
- [27] <https://www.airplaneupdate.com/2019/10/tupolev-tu-95ms.html>;
- [28] <https://archive.org/details/janes-all-the-worlds-aircraft-2007-2008/page/525/mode/1up>.

JEGYZETEK

- 3 A nemzetközi médiában napvilágot látott videóban is (részben) megőrkített támadásban az Ukrán Haditengerészet parancsnok-helyettese, Igor Bedzay ezredes vezette a Kígyó-szigetek elleni egyik ukrán ellentámadásban részt vevő Mil Mi-14PS helikoptert. A Sizov alezredes vezette Szuhoi Szu-35-ös először a beépített Gryazev-Shipunov GSh-301 30 mm-es géppágyúval kísérte meg a lelövést, sikertelenül. A második (a videón már nem szereplő) támadás már sikerrel járt, R-73 (AA-11 Archer) légiharc-rakétával. [1]
- 4 Ennek sokkal látványosabb és közismertebb példái váltak a Kijev környéki harcokhoz igyekvő, de különböző logisztikai problémák (elsősorban üzemanyaghiány) miatt vesztéglő szárazföldi járművek konvojai.

Miklauzič István – Varga József – Zsitnyányi Attila

A Gamma–Juhász löelemképző

A nagy magasságban, gyorsan haladó repülőeszközöket légvédelmi fegyverekkel nehéz eltalálni, mert a lövedék repülési ideje alatt a légijárművek is jelentős utat tesznek meg. Ezért a találatokhoz a feltételezett röppályáján előrébb eső, ún. találati pontra kell tüzet vezetni. A löelemképző olyan analóg célszámítógép, amelynek feladata a találati pont meghatározása, és azoknak az értékeknek a kiszámítása, amelyeket mind a lövegen, mind a lövedéken beállítva elérhető, hogy a lövedék a megfelelő időben, a találati pontban robbanjon.

A kötet szerzői hiteles dokumentumok, műszaki leírások, a családi emléktár adatai, valamint személyes visszaemlékezések alapján dolgozzák fel a trianoni békediktátum tiltásai után kezdődő hazai hadiipari fejlesztések egyik kiemelkedő helyszínét, a Gamma Finommechanikai Gépek és Készülékek Gyára Rt. történetét, valamint Juhász István életművét, és az általa szerkesztett részletes ismertetést a Gamma-Juhász légvédelmi löelemképzőről.

A mérnök fivérek, Juhász Zoltán és István 1921-ben vettek át egy kis méretű, veszteséges vállalatot, amellyel 1922-re már nyereséget értek el. A Gamma egy gyorsan fejlődő, sok tehetséges szakembert foglalkoztató innovatív céggé vált. A Juhász István által átvezetett, több szabadalommal fejlesztett löelemképző 1932-ben már egy svédországi nemzetközi bemutatón is sikert aratott, sőt a Gamma Rt. fióküzemét is alapított a skandináv országban. A svéd Bofors lövegek és a magyar löelemképzők hatékony légvédelmi üteget alkottak. A Gamma löelemképzőiből hazai gyártásban is több mint ezer darab készült, és Svájtól Olaszországon át Kínáig, 16 országba exportálták.

A lineáris elven működő, analóg, elektromechanikus számítógépnek tekinthető műszert háborús körülmények között is megbízhatóan működő, a gyakorlatban is jól bevált, kifejezetten pontos eszközként tartották számon. 8500 méteres magasságig képes volt az 540 km/h sebességgel repülő légi célok követésére, és a lövegek löelemeinek meghatározására. A rendkívül ötletes szerkezet belsejében mozgatott mérőkocsi segítségével modellezte a cél pályáját, majd a célpálya és a célsebesség adatait a mérőkocsi elmozdulásait figyelve adta meg. Ez a bonyolult módszer kiküszöbölt egy, az akkori technikai szinten nehezen gépesíthető számítási lépcsőt, és nagy pontosságot eredményezett. A folyamatos fejlesztések eredményeként a berendezés az évek során több mint húszféle változatban készült.

A zseniális mérnök Juhász István, és a fejlesztés hadiipari hátterét képező, korát megelőző Gamma Rt., valamint annak alkotó szemléisége egy páratlan találmány, a Gamma-Juhász-löelemképző létrejöttét eredményezte. Ahogy dr. Padányi József professzor a kötet előszavában írja: „*Nem véletlen, hogy a Honvédelmi Minisztérium az ágazati értéktárba fogadta az eszközt, hiszen ez a kezdeményezés is segítheti a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program kommunikációját, öregbítheti a hadtudomány elismertségét és szorosan kapcsolódik a hungarikumok rendszeréhez.*”

A Miklauzič István, Varga József, Zsitnyányi Attila által írt, a Zrínyi Kiadónál 2022-ben megjelent, keménytáblás kötet terjedelme 260 oldal. 6300 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, illetve közvetlenül a Zrínyi Kiadótól 25%-os helyszíni kedvezménnyel 4725 Ft-ért. Cím: 1024 Budapest, Fillér utca 14., (tel.: +36 30 388 4034, e-mail: ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu), továbbá megrendelhető a shop.hmzrinyi.hu weboldalon is. (DRU.)



12. ábra. Ukrajnában megsemmisült orosz harckocsi az autópálya szélén (Forrás: Shutterstock)



Tóth András*

Az orosz–ukrán háború páncélos tapasztalatai **II. rész**

A szerző tanulmányában a 2022 februárja óta tartó orosz–ukrán háború páncélos tapasztalatait elemzi. A cikk első része a „különleges műveletek” végrehajtására kirendelt orosz páncélos alegységek rendkívül magas veszteségeinek okait boncolgatta. Bemutatta a harcban álló felek által alkalmazott technikai eszközöket és megvizsgálta a harckocsik túlélőképességének statisztikai adatait. A publikáció második része a rendszeresített, valamint a korábban már kivont, majd a háború miatt reaktivált típusokat veszi sorra. A szerző zárszavában szakmai szempontok mentén értékeli az orosz harckocsiveszteségek okait, majd általános következtetéseket von le a szárazföldi haderőnem szerepéről, létjogosultságáról a 21. századi hadviselésben.

A T-80-AS TÍPUSCSALÁD

A T-80-as változatok közül Oroszország T-80BV, T-80U, T-80UM2, valamint T-80BVM típusokkal rendelkezett. Ugyanakkor az orosz haderőben rendszeresített T-80 típusú harckocsikat az aktív szolgálatból kivonták és tárolásba helyezték. A T-80-as harckocsit a T-64-es verzióból az 1970-es évek végén fejlesztették ki. Két helyen gyártották: az oroszországi KBTM Omsk üzemében, valamint az ukrán verziót Harkivban. Az orosz T-80-as legnagyobb problémája a logisztikailag nehezen kiszolgálható gázturbinás meghajtás, valamint, hogy nagyon nehéz volt hozzá az alkatrészbeszerzés az ukrajnai konfliktus miatt. Emellett az

orosz katonai szakértők úgy gondolták, hogy a legmodernebb 2019-ben bemutatott T-80BVM verzió sem rendelkezik komolyabb képességekkel, mint a rendkívül nagy számban elérhető T-72B3M verzió, ezért a fejlesztések ebben az időben a T-72B3M és a T-90M típusokra fókuszáltak. Az orosz haderőben alkalmazott T-80 variánsok közül igazán modernnek, csak a T-80BVM és a csak prototípusban létező T-80UM2 volt tekinthető.

A T-80UM2 típus prototípusát is bevetették Ukrajnában. Az Oryx holland nyílt forráskódú hírszerzési védelmi elemző webhely szerint a harckocsi megsemmisült. A típus fejlesztését 1998-ban kezdték meg a T-80U fejlesztésének

13. ábra. Orosz T-80BVM harckocsi (jobbra) [15]



* Alezredes, MH Haderőmodernizációs és Transzformációs Parancsnokság, Elemzési és Tervezési Igazgatóság, kiemelt vezető referens főoszt. ORCID: 0000-0003-0279-8215



14. ábra. Az Ukrajnában megsemmisített T-80UM2 prototípus [16]

folytatásaként, méghozzá rendkívül komoly elvárásokkal, hiszen az orosz hadiipar olyan termékként tekintett rá, amely minden tekintetben felveszi a versenyt a modern nyugati harckocsikkal. Sorozatgyártására azonban soha nem került sor. A prototípus orvosolni próbálta a T-sorozat kialakításából adódó szerényebb páncélvédelmet. Ennek jegyében a harckocsi tornya nem a hagyományos öntött torony koncepciót követte, hanem hegesztett acél tornyot kapott, valamint a továbbfejlesztett Drozd-2 (hard-kill) aktív védelmi berendezéssel szerelték fel. Arról nem áll rendelkezésre információ, hogy működött-e az aktív védelmi berendezés a prototípus megsemmisítésekor, de ha igen, akkor a jelek szerint nem tudta megakadályozni a ki-

lövést. A harckocsi roncsait 2022. március 17-én találták meg Szumi területén, Trosztyanec város közelében.

A T-80UM2-es prototípus bevetése rendkívül szokatlan módon történt. Egyes elemzők szerint azért került sor az alkalmazására, mert nagyon komoly ellátási problémákkal küzdött az orosz haderő. Ennek a valószínűsége erősen megkérdőjelezhető, hiszen az ellátási problémák megoldására biztosan nem nyújt kellő megoldást egyetlen darab prototípus harckocsi. Sokkal valószínűbb, hogy nem érezték kellően hatékonynak, és a további fejlesztését leállították, vagy esetleg, mert éles körülmények között akarták tesztelni a Drozd-2 rendszert. Mindenesetre a próba negatív eredménnyel zárult: a harckocsit kilőtték.

A T-90-ES TÍPUSCSALÁD

A T-90-es modellek közül az orosz haderő T-90T, T-90A, valamint T-90M típusokkal rendelkezik. A T-90-es különböző változatai az Orosz Szárazföldi Erők legmodernebb harckocsitípusa, amelyet az Urál Vagonművekben (UralvagonZavod – UVZ) terveztek és gyártanak.

A T-90 típusú harckocsi az orosz fegyverexport egyik legsikeresebb szárazföldi eszköze volt. A harckocsi a T-54/55 majd a T-72 típus fejlesztési vonalát követi. Egyes szakértők szerint a T-90-es harckocsi sem több mint egy modernizált T-72-es. Ez a megállapítás tartalmaz némi igazságot, hiszen valóban magában hordozza a T-72-es széria elemeit, ugyanakkor a fejlesztése során az elérhető legmodernebb eszközökkel szerelték fel, így az egy kipróbált, rendkívül sikeres harckocsitípus modern környezetre optimalizált változata lett. A T-90M változat 2020 áprilisában állt először szolgálatba az orosz haderőnél. A nyilvánosság előtt a május 9-i győzelmi napi katonai parádén mutatkozott be. A T-90-es kifejlesztésénél az elsődleges cél az volt, hogy az újgenerációs harckocsi fejlesztése és rendszerbe állítása előtt átmenetet képezzen a T-72-es és az új generációs T-14 Armata között. A T-90M, a T-72B3M és a T-80BVM fejlesztésekor már egyértelmű volt, hogy a

15. ábra. T-90M harckocsi a Moszkva melletti alabinoi gyakorlótéren (Forrás: Shutterstock)



T-14 Armata helyett még hosszú évekig ezekkel a harckocsikkal számol Oroszország. Ennek elsődleges oka, hogy amíg egy T-14 Armata ára 8–12 millió dollár, addig egy T-90 modernizálása a T-90M szintre alig 1,5–2 millió dollár. A T-90M fő fegyvere a 2A46M-4 típusú, 125 mm űrméretű harckocsiágyú. A harckocsihoz a T-sorozatnál megszokott három típusú harckocsigránátot rendszeresítették: az úgynevezett űrméret alatti (APFSDS – Armour-piercing fin-stabilized discarding sabot), a repeszromboló (HE – High Explosive), valamint az úgynevezett kumulatív gránátot (HEAT – High Explosive Anti Tank). A harckocsi képes 9M119 típusú páncéltörő rakéta indítására, amellyel már 5 km-es távolságból megkezdheti az ellenséges páncélosok pusztítását. A harckocsit egy 7,62 mm-es párhuzamosított géppuskával, valamint egy 12,7 mm-es KORD-MT (RCWS – remotely controlled weapon station) a harckocsiból vezérelt géppuskával szerelték fel. A harckocsi megkapta a T-14 Armatából ismert Kalina' automata tűzvezető számítógépet.

A harckocsiparancsnok rendelkezésére áll egy panorámakép-megjelenítő monitor nappali és éjszakai csatornával. A harckocsiparancsnok és az irányzó saját lézertáv mérővel és hőképkalkoló berendezéssel rendelkezik. A harckocsi megerősített páncélvédelmét tovább növeli a harmadik generációs RELIKT reaktív páncéltörő. Megfigyelhető, hogy a korábbi T-90-es modellek rendelkeztek a jellegzetes SHTORA-1 soft-kill aktív védelmi rendszerrel. A T-90M változatról hiányzik annak a jellegzetes két infrarefektora a harckocsiágyú két oldaláról. Ezek helyett 4 darab lézerjelblokkoló egységet szereltek fel a harckocsi tornyára. További érdekesség, hogy bár az orosz haderő rendelkezik hard-kill aktív védelmi berendezésekkel, mint az ARENA vagy az AFGANIT, ezekkel azonban a T-90M-et nem szerelték fel. [18] Ennek oka elsősorban a 2014-óta az orosz hadipart súlyosan érintő szankciókban kereshető. Minden modernizált szárazföldi technikai eszközön megfigyelhető, hogy nagymértékben támaszkodott a nyugati alkatrészekre, elsősorban a komplex tűzvezető, hőképkalkoló, irányzó berendezések területén. A szankciók miatt kieső nyugati alkatrészeket – ahol lehetett – kínai beszállítók termékeivel próbálták kiváltani, de a rendszerintegráció sok esetben nem volt végrehajtható.

A T-64-ES TÍPUSCSALÁD

A T-64-es harckocsi típus az orosz haderőben a háború kitörésekor nem volt rendszeresítve. A harckocsit az 1960-as évek elején fejlesztették. 1964-ben kezdődött a sorozatgyártása, és 1987-ig gyártották. A Kharkivi iskola típusa, fő tervezője Alexander Morozov volt. Külsőre sok hasonlóságot mutat a T-72-es harckocsival, de fejlesztésének koncepciója attól teljesen eltért. Mintegy 13 ezer darabot gyártottak belőle; soha nem exportálták a típust. A Szovjetunió felbomlása után mintegy 4 ezer darab maradt az orosz haderőben. 2014-ben vonták ki az aktív szolgálatból. Ennek elsődleges oka az volt, hogy az alkatrészellátás és modernizálás az ukrán konfliktus miatt ellehetetlenült. Az Oryx adatbázisa szerint a háború során orosz oldalon 2 darab T-64A típus, valamint 39 darab T-64BV típus semmisült meg, emellett 4 harckocsi megsérült, 4-et hagytak hátra és 5 darabot zsákmányolt az ukrán haderő, tehát ebből a típusból a veszteség összesen 51 példány harckocsi volt [17]. A T-64BV típust 1985-ben rendszeresítették. Fő fegyvere, a 125 mm-es 2A46M-1 sima csövű harckocsiágyú, rendelkezik egy 7,62 mm-es párhuzamosított, és egy 12,7 mm-es légvédelmi géppuskával. Rendelkezik továbbá



16. ábra. Orosz T-64BV harckocsi [19]

ködgránátvetőkkel. A harckocsiágyú alkalmas páncéltörő rakéta indítására is. A harckocsi páncélvédelmét Kontakt-1 reaktív páncélokkel erősítették meg.

A T-64 típusú harckocsik ismételt aktív szolgálatba helyezését, valamint a még régebbi típusok T-62, T-55, T-54 alkalmazását annak ellenére több módon is lehet indokolni, hogy ezek a technikai eszközök nemcsak technológiailag számítanak elavultnak, hanem erkölcsi értelemben is. Ez azt jelenti, hogy a használatukra kijelölt katonák túlélési esélyei a technológiai hátrányból adódóan minimálisak, tehát morálisan nem indokolható ezen eszközök használata egy olyan haderő számára, amely modern harckocsi-típusokkal is rendelkezik. Ugyanakkor azt is tudjuk, hogy – ha az emberi élet értékét nem a nyugati normáknak megfelelő tekintetben vizsgáljuk –, akkor az elavult technikai eszközök megsemmisítésére ugyanolyan rendkívül drága páncéltörő rakétát kell indítani, mint egy T-90M típusra. Egy T-64-es értéke azonban elenyésző egy T-90M-hez képest.

A T-62-ES TÍPUSCSALÁD

A T-62-es harckocsi szolgálatba helyezése még a T-64 típus alkalmazásánál is meglepőbb. Ráadásul a T-62-es új életre keltését kezdte meg az orosz hadipar. 2022 áprilisában jelentették be, hogy T-62M típusú – modernnek nem

17. ábra. orosz T-62S harckocsi [22]





18. ábra. Az orosz haderő T-14 Armata harckocsija [24]

nevezhető – harckocsikkal erősítik meg a szakadár milíciák készleteit. A T-62-es harckocsit eredetileg a T-54/55 harckocsicsalád leváltására tervezték, a harckocsit 1965-ben a moszkvai díszszemlén mutatták be. Kezelőszemélyzete 4 fő, tehát még a hagyományos kézi töltéssel rendelkező típus. Fő fegyvere az U-5TS, vagy 2A20 jelű 115 mm-es sima csövű harckocsiágyú volt, ezen túl rendelkezett egy 7,62 mm-es párhuzamosított és egy 12,7 mm-es légvédelmi géppuskával [20]. A '80-as évekre a harckocsi teljesen elavult, ezért a modernizálására nem kellett sokat várni, 1983-ban jelent meg a T-62M típus, amely sok hasonlóságot mutatott az ugyancsak akkor bemutatott T-55AM2 és AM2B-vel. A harckocsi páncélvédelmét megerősítették kiegészítő páncélzattal, valamint reaktív páncélkazettákat helyeztek a harckocsira. A harckocsiágyút alkalmassá tették a 9K117 páncéltörő rakéta indítására. Oroszország 2022 őszén arról döntött, hogy 800 darab T-62-es harckocsit modernizál. A modernizációt az Uralvagonzavod leányvállalata, a 103. páncélosjavító üzem hajtja végre. A modernizáció során tovább növelik a harckocsi páncélvédelmét, új hőképalkotó berendezéssel látják el, modernizálják a tűzvezető rendszerét. [21]

A hivatalos orosz kommunikáció, amely szerint a modernizációra azért kerül sor, mert a háborúban jól szerepeltek ezek a páncélosok, az Oryx adatbázisa némileg cáfolja. Hivatalos adatok nem állnak rendelkezésre arról, hogy milyen számban vetették be a T-62-es különböző variánsait. Tény azonban, hogy legalább 70 darab T-62-es (T-62, T-62M, T-62MV) veszteséget szenvedett az orosz fél. Érdekeség, hogy ennél a típusnál a legnagyobb a zsákmányolt harckocsik száma. Ez a tény azt jelzi, hogy az eszköz kezelésre kijelölt katonák sem bíznak a típusban, és sok esetben a működőképes technikai eszközöket is hátra hagyják. A T-62 harckocsiból Ukrajna eddig legalább 1 db T-62, 34 db T-62M, valamint 9 darab T-62MV típust zsákmányolt.

A T-14 ARMATA

A T-14 Armata az orosz haderő legmodernebb harckocsi típusa. Az új generációs technikai eszköz egy teljesen új koncepcióra épít, amelynek segítségével kiküszöböli a korábbi T-sorozat hiányosságát, a korlátozott páncélvédelmet úgy, hogy az előnyök megmaradnak, sőt tovább nőnek. Ezt úgy érték el, hogy a 3 fős kezelőszemélyzet automata töltőberendezést kezel. A kezelő személyzetet a

páncéltestben helyezték el, tehát a torony távvezérelt módon működik. A harckocsit aktív Afghaniit „hard kill és soft kill”⁸ védelmi berendezésekkel, valamint reaktív védelmi berendezésekkel látták el. A harckocsi elméletben, valamint a megadott specifikáció alapján a legmodernebb 7. generációs harckocsi. Valós képességeit illetően eltérők a vélemények. Tény, hogy a T-14 Armata 2015. évi bemutatása nagyban hozzájárult a harckocsik rohamtempójú fejlesztéséhez. A T-14 Armata bemutatása biztosan hozzájárult az Abrams X, az EMBT, valamint a KF-51 harckocsik fejlesztésének felgyorsításához.

Specifikációját tekintve a T-14 Armata fő fegyvere egy 125 mm-es 2A82-1M sima csövű löveg, amelyhez 32 gránátot képes tölteni a töltőautomata. A harckocsiágyú 7-12 km-es távolságra képes páncéltörő rakéta indítására. A harckocsit úgy tervezték, hogy lövege a későbbiekben lecserélhető legyen az új 2A83 152 mm-es löveg beépítésére. A harckocsi rendelkezik 57 mm-es gránátvetővel, egy 12,7 mm-es Kord távvezérelt géppuskával, valamint 7,62 mm-es párhuzamosított géppuskával. A harckocsi tűzvezető és irányzó rendszere tartalmaz egy kombinált nappali és hőképalkotó berendezést, egy beépített lézertáv mérőt, ezen felül a parancsnok rendelkezik egy 360°-os képalkotó berendezéssel, saját lézertáv mérővel, valamint fejlett Battlefield Management System (BMS)⁹ harcvezető rendszerrel. [23] A T-14 Armata harckocsit nagy reményekkel mutatták be, de annak rendkívül magas ára, valamint a nagy mennyiségben elérhető, kiforrott modernizált harckocsik miatt fejlesztését és gyártását leállították. A katonai és a politikai vezetők is úgy gondolták, hogy a T-90A/M, valamint a T-72B3M képességei nem sokkal maradnak el a T-14 Armata képességeitől, azok ára azonban mindössze töredéke a legmodernebb harckocsinak. Annak ellenére, hogy az Armatát rendszeresítették az orosz haderőben, a mai napig mindössze két tesztalegység használja. Az orosz média 2023. április 25-én jelentette be hivatalosan, hogy a T-14 Armata harckocsikat is bevetik az orosz-ukrán háborúban. Eddig ugyan közvetlen harcérintkezésben nem vettek részt, de tűztámogatást nyújtottak a lövész alegységek számára.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az orosz harckocsiveszteségek okai között kutatva súlyos hiba lenne azt feltételezni, hogy az orosz harckocsik nem tekinthetők modern eszközöknek, vagy azok minősége nem felelne meg a modern elvárásoknak. Ugyanakkor nem



eshetünk abba a hibába sem, hogy azt feltételezzük, hogy a harckocsik és gyalogsági harcjárművek elveszítették volna a létjogosultságukat a modern hadszíntereken. A harckocsik és a gyalogsági harcjárművek ma is a szárazföldi műveletek végrehajtásának nélkülözhetetlen szereplői. Ugyanakkor nem szabad megfeledkeznünk néhány tényezőről, amelyek jelentősen befolyásolják ezen technikai eszközök és fegyvernemi alegységek alkalmazását. Az első ilyen tényező a városiasodás. Az elmúlt évtizedekben végbement urbanizáció jelentősen befolyásolta a műveleti környezetet. A városi környezet védelmi célú felhasználásával, a védelmi infrastruktúra kialakításával a lakott területek, a felkészült, komoly helyismerettel rendelkező területvédelmi erőkkel megerősítve komoly védelmi potenciállal rendelkeznek. Ebben a környezetben a támadó erők harcjárművei a gyalogság nélkül könnyen sebezhetővé válnak.

A második ilyen tényező a minőségi fölény. Itt nemcsak a technikai eszköz minőségére kell gondolnunk, a kiképzés minősége és az alkalmazási elvek megválasztása is ebbe a kategóriába tartozik. A kiképzés minősége létfontosságú a modern hadviselésben. A legmodernebb harcjármű, vagy harckocsi sem több egy komoly páncélvédelemmel ellátott „kemény célnál” a kezelőszemélyzetek professzionális felkészítése nélkül. A professzionális felkészítés tekintetében, békeidőszakban nem lehet kompromisszumot kötni. A békeidőszaki felkészítés minősége determinálja, hogy a háborús kiképzési minőség csökkenése – amelyet a kiképzési idő rövidítése, a szimulátorok hiánya stb. okoz –, milyen mértékű lesz. A műveleti eljárások megválasztásánál a küldetésalapú vezetés, a megfelelő összetételű, nagy önállóságú, összekovacsolt harccsoportok kialakítása, a megfelelő logisztikai ellátási kiszolgálási rendszer kialakítása, valamint a technikai eszközök és alegységek képességeire építő, és azok hiányosságait elfedő eljárások alkalmazása nélkülözhetetlen. A tűzérési tűztámogatás, vagy a közvetlen légi támogatás fontosságát nem kell hangsúlyozni, de a legmodernebb páncélosok is könnyen sebezhetővé válnak a mozgékonyaságuk vagy a fenyegetettségük külső körülményekből adódó változása esetén. A cirkálólészerek és drónok, a modern páncéltörő fegyverek, a robbanó és nem robbanó műszaki záruk által jelentett fenyegetés kezelése nélkülözhetetlen, valamint az aknák [25] és a rög-tönzött módon előállított, úgynevezett improvizált robbanószerkezetek [26] vagy a házilágosan készített robbanóanyagok jelentette fenyegetéseké is. Ugyanakkor nem feledkezhetünk meg már kisaegység szinten sem az integrált drón és cirkálólészér képesség megjelenéséről, valamint a páncélvédelmet radikálisan megnövelő aktív és reaktív páncélvédelem integrálásáról sem.

Ha ebben a kontextusban vizsgáljuk az orosz ukrán háborút, akkor az mindenképpen megállapítható, hogy a „különleges műveletek” végrehajtására kirendelt orosz páncélos alegységek számos alkalommal nem rendelkeztek megfelelő gyalogsággal. A háború során több videó is felkerült a közösségi médiára, amelyek alapján az feltételezhető, hogy főleg a háború első szakaszában, a harcjárművek deszant nélkül hajtottak végre feladatot. A páncélos alegységek felkészültsége sok esetben komoly kívánnivalót hagyott maga után, de ami ennél is nagyobb probléma, hogy valamiért az alacsony harcászati szintű parancsnokok nem mertek önálló döntéseket hozni, vagy azokat nem időben hozták meg, amely súlyos veszteségeket okozott. A harccsoportok összeállítása és alkalmazása nem felelt meg a modern környezet által támasztott követelményeknek. Nem rendeltek a végrehajtó szinthez elégséges logisztikai kiszolgáló alegységeket. Ezek önmagában is súlyos veszteségeket prognosztizáltak, ugyanakkor van még

egy tényező, amelyet mindenképpen meg kell említeni. Ez nem más, mint az orosz haderőben alkalmazott technikai eszközök sajátossága. Az orosz haderő alap harckocsi típusa a T-72-es harckocsi. A háború kitörésének időpontjában, az aktív haderőben szolgáló összes harckocsi típusa a T-64-es és a T-72-es, vagy az azokból kifejlesztett újabb változat volt. A harckocsikat rendkívül sikeressé tette, hogy a tömeggyártás, a költséghatékonyság, valamint az alacsony felépítés érdekében komoly áldozatot hoztak a páncélvédelem rovására. Ezek a sajátosságok az eszközt a hidegháború legrettegettebb típusává tették. A modern tűzvezető rendszerek, a hőképalkotó berendezések, az új típusú gránátok és rakéták radikálisan megnövelték már az első lövés találati valószínűségét is, így ezek a tulajdonságok ma már kevesebb előnyt jelentenek. Ezt az orosz mérnökök is felismerték, és minden erejükkel próbálták a technikai eszközök védelmét növelni. A kialakítás sajátosságai miatt ez azonban csak rendkívül nehezen megvalósítható. Ezekben a harckocsikban a lőszerkészlet tárolását a forgó löszertároló egységben oldják meg, amelyet a torony legelső részén, a kezelőszemélyzet alatt alakítanak ki. Tehát a kezelőszemélyzet a lőszerkészleten ül. A harckocsi páncéltestének átütése esetén a legnagyobb kockázat a lőszerkészlet berobbanása, ez pedig ennél a típusnál elkerülhetetlen. [27] A másik sajátosság, hogy a harckocsik kifejlesztésénél a fejlesztők a frontális támadásra optimalizálták a páncélvédelmet. Ennek érdekében azzal a feltételezéssel éltek, hogy a harckocsit szemből egy 30°-os tartományban érik a tálalatok. Ezért a harckocsi csak ebben a tartományban rendelkezik kellő páncélvédelemmel, ráadásul a harckocsi oldalvédelme csak nehezen megoldható, mivel az eredeti típus nem rendelkezett külön kötényezéssel, az csak később került rá, és a kialakításból adódóan, annak tartóelemeit utólag rögzítik. Ezek a tartóelemek a manőverek végrehajtása során, a nagy súly miatt gyakran leszakadnak a páncéltestről. További probléma, hogy bár az orosz hadiipar fejlesztési potenciálja nem elhanyagolható, és esetenként rendkívül bátran, úttörő módon nyúlnak koncepciókhoz, ugyanakkor ezek a modern fejlesztések csak nagyon kis számban érhetőek el számukra. A 2014-től bevezetett szankciók nagyban megnehezítik a modern számítógépes támogatáshoz elengedhetetlen alkatrészek beszerzését. További problémát okoz, hogy a modernizált technikai eszközöknél sok esetben használtak az aktív szolgálatból kivont technikai eszközökből kinyert alkatrészeket, amelyek gyakran több évtizede álltak egy letárolt eszközben. Az eljárás számos technikai meghibásodáshoz és a technikai eszközök hátrahagyásához vezetett.

A tapasztalatok a Magyar Honvédség páncélos alegységeinek szempontjából is relevánsak. A drónokban és a cirkálólészerekben rejlő lehetőségeket már szakasz szinten is integrált módon kell kihasználni. Ugyanakkor az ellenséges drónok és cirkálólészerek elleni védelemnek is meg kell jelennie, mivel ezek jelentős fenyegetést jelentenek a páncélosokra. A robbanó és nem robbanó műszaki záruk, intelligens aknák rendkívül nagymértékben csökkentik a manőverező képességet a megfelelő műszaki támogatás hiányában. Az autonóm és távvezérelt haditechnikai eszközök rendkívül gyors fejlődésében rejlő lehetőségeket a Magyar Honvédségnek is ki kell használnia. A páncélvédelem növelése érdekében szükséges az aktív védelmi berendezések használata, és amíg a Lynx harcjármű rendelkezik saját aktív védelmi berendezéssel, addig a Leopard 2A7HU harckocsik – annak ellenére, hogy a technikai eszközhöz már elérhető az aktív védelmi berendezés –, ezekkel még nincsenek felszerelve.

Az összegzett tapasztalatok azt mutatják, hogy a harcokcski létjogosultsága a modern harcjeljárásokban nem szűnt meg, sőt kifejezetten felértékelődött. A modern harcokcsknak, a professzionálisan kiképzett és alkalmazott harcokcski alegységeknek komoly szerepe van a sikeres szárazföldi műveletek megvívásában. Nagy kihívás az újonnan beszerzett technikai eszközök tekintetében a technikai eszközök képességeit kihasználó, az azokban rejlő lehetőségekre építő új típusú alkalmazási koncepció kidolgozása, tesztelése és bevezetése. A kiképzési rendszer átalakítása, a szimulátoralapú, élményszerű, realiztikus kiképzés bevezetése, az elérhető modern kiképzést támogató technológiák újszerű felhasználása.

HIVATKOZOTT IRODALOM

[15] Forrás: Novoderezhkin, Anton /TASS: T-80BVM tank <https://tass.com/defense/1098733> (Letöltve: 2023.4.13.);

[16] Forrás: military-today.com; https://twitter.com/com_military/status/1505348471771045890 (Letöltve: 2023.4.4.);

[17] Oryx, Attack On Europe: Documenting Russian Equipment Losses During The 2022 Russian Invasion Of Ukraine; <https://www.oryxspioenkop.com/2022/02/attack-on-europe-documenting-equipment.html> (Letöltve: 2023.1.22.);

[18] Russian Army Receives New T-90M MBT; https://defense-update.com/20200420_t90m.html (Letöltve: 2023.2.1.);

[19] Forrás: <https://i.postimg.cc/W4kWxSLT/7769.jpg>; (Letöltve: 2023.4.25.);

[20] Farkas Lóránt. A szovjet T-62-es közepes harcokcski múltja és jelene: Hadtudomány XVII. évfolyam 1. szám <https://www.mhht.eu/>

hadtudomany/2007/1/2007_1_14.html; (Letöltve: 2023.4.25.);

[21] Forrás: <https://www.thedrive.com/the-war-zone/russia-to-modernize-800-vintage-t-62-tanks-due-to-ukraine-losses-report>; (Letöltve: 2023.4.25.);

[22] Forrás: <https://twitter.com/UAWeapons/status/1577645612891361281?s=20>; (Letöltve: 2023.4.25.);

[23] „T-14 Armata fő harcokcski” *Army Technology*, (2020. 09. 04.) <https://www.army-technology.com/projects/t-14-armata-main-battle-tank/> (Letöltve: 2023.4.26.);

[24] Forrás: Vitalij V. Kuzmin, CC BY-SA 4.0 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c1/4mayrehearsal_08.jpg (Letöltve: 2023.4.26.);

[25] Daruka Norbert. Az „IED”, mint a terrorizmus leghatékonyabb eszköze, „Fúrás-Robbantástechnika 2010”, 10. Nemzetközi Konferencia Balatonkenese 2010. szeptember 8–10., pp. 162–169. HU ISSN 1788-5671;

[26] Daruka Norbert. A jövő háborúi az improvizált robbanószerkezetek alkalmazásának tekintetében; Sereg Szemle XVI. évfolyam, 2. szám, 2018. április–június, pp. 07–22. HU ISSN 2060-3924;

[27] Daruka Norbert. Érzéketlen robbanóanyagok I. – Célkeresztben a TNT és a Composit B kiváltása; Műszaki Katonai Közlöny 2023. (A kézirat megjelenés alatt!)

JEGYZETEK

- 7 Kalina automatic target tracker and fire control computer – tűzvezető rendszer.
- 8 hard kill – megsemmisítés elvű aktív védelmi berendezés; soft kill – zavarás elvű aktív védelmi berendezés.
- 9 BMS harcvezető rendszer.

HM Zrínyi Geoinformációs és Töbörzástámogató Közhasznú Nkft.

1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7–9. • +36 (1) 336 2030 • www.hmzrinyi.hu • titkarsag@hmzrinyi.hu

- Topográfiai térképek
- Faksimile térképek
- Atlaszok, város- és autótérképek
- Falitérképek
- Szabadidőtérképek
- Légiforgalmi térképek
- Munkatérképek
- Dombortérképek
- Digitális térképészeti adatbázisok
- Egyéb digitális termékek
- Légifilmtári szolgáltatások



PREPRESS – NYOMDAI ELŐKÉSZÍTÉS

- szöveg-, grafika- és képfeldolgozás, kiadványszerkesztés
- ellenőrző nyomatok, digitális proofok előállítás
- bel- és kültéri tablók, bannerek nyomtatása
- hagyományos és elektronikus montírozás, színrebotás
- nyomóformák előállítás nyomdai filmről, illetve CTP-technológiával

GYORSOKSOROSÍTÁS

- színes és fekete-fehér másolás/nyomtatás 330 × 487 mm méretig

PRESS – NYOMTATÁS

- ofszetnyomtatás négy-, illetve hatszínnyomó gépeken, 89 × 126 cm méretig

POSTPRESS

- KÖTÉSZETI FELDOLGOZÁS
- felületnemesítés fóliázással, laminálással 167 cm szélességig
- hajtogatás, spirálozás, sorszámozás
- összehordás, irkakészítés, ragasztókötés
- kasírozás, táblakészítés, aranyozás
- szortiment könyvkötészet

VÁKUUMFORMÁZÁS

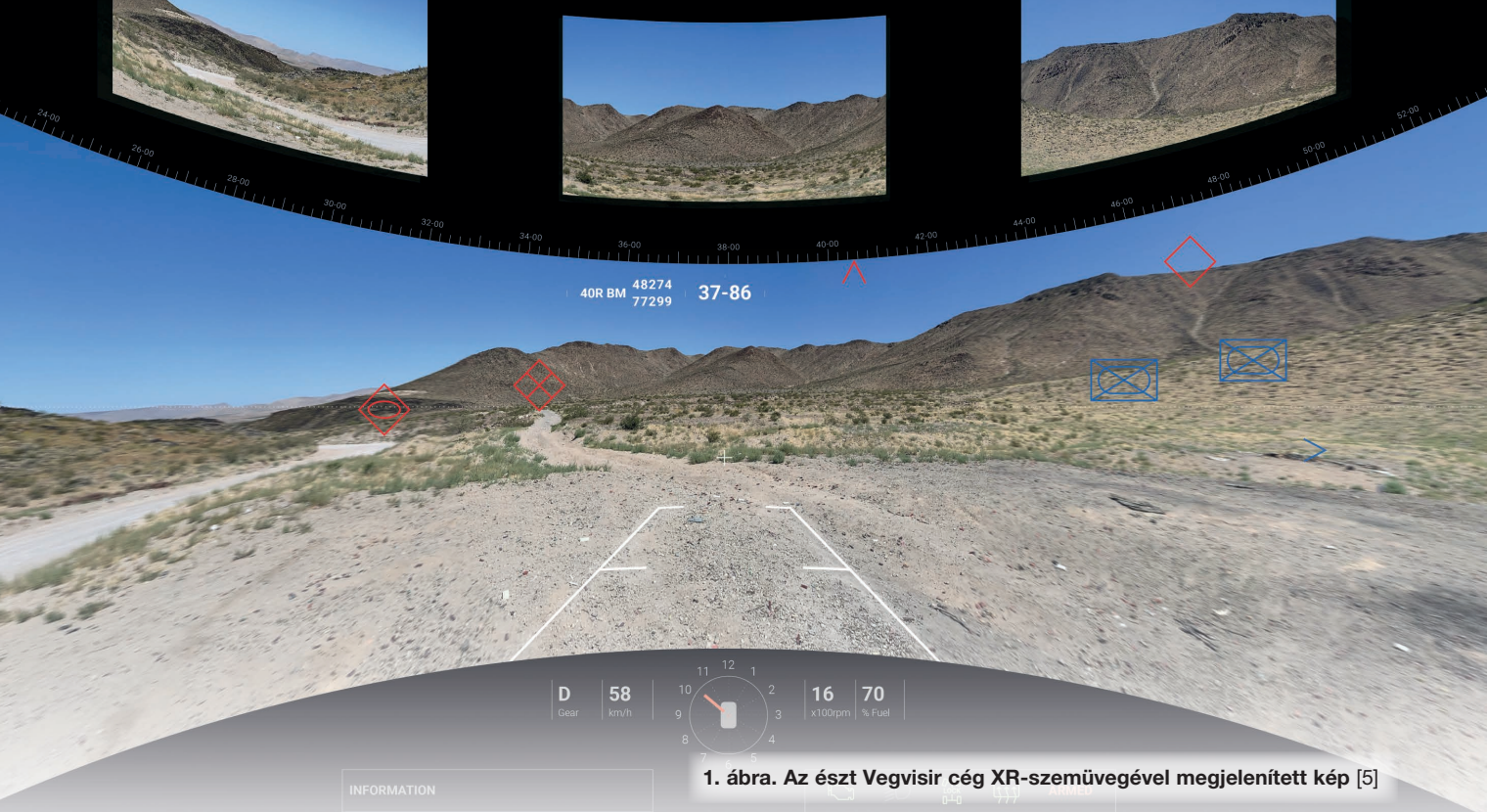
- vákuumformázó szerszámok, terepszalok CNC-technológiával
- vákuumformázás



KÖNYV- ÉS TÉRKÉPBOLT:

1024 Budapest, Filler u. 14. • +36 30 388 4034
shop.hmzrinyi.hu • ugyfelszolgalat@topomap.hu
 Nyitvatartás: hétfő–péntek 9.00–16.30

NYOMDAI GYÁRTÁSELŐKÉSZÍTÉS: +36 (1) 336 2035



1. ábra. Az észrt Vegvisir cég XR-szemüvegével megjelenített kép [5]

Ocskay István*

A londoni Future Armoured Vehicles Situational Awareness 2023 konferencia

A legkorszerűbb érzékelő eszközrendszerek

A Future Armoured Vehicle Situational Awareness¹ konferenciára 2023. április 24–25. között Londonban került sor a brit SAE Media Group szervezésében. Az eseményen 8 ország és 6 nemzetközi vállalat több mint 20 előadója vett részt, közöttük Pölöskei János ezredes, és e tanulmány szerzője, Ocskay István ezredes is. Előadásunk – a konferencia második napján – a Lynx KF41HU páncélozott gyalogsági harcjármű szenzorrendszereiről és a C4I-(Command, Control, Communications, Computers, Intelligence – vezetés, irányítás, kommunikáció, számítás-

technika, hírszerzés) rendszerről, valamint az eszköz beszerzésével kapcsolatos tapasztalatok elemzéséről szolt.

A konferencia első napja a THALES vállalat előadásával kezdődött, amelyen a cég a Panoramic Above Armour Gimball (PAAG)² mutatta be, egy olyan, a harcjárműből kitolható felderítő fejet és irányzékot, amelyen körkörösén egyéb figyelő- és detektáló rendszerek is találhatóak. A PAAG érzékelői egy hűtött hőkamerát és egy nagy felbontású nappali csatornájú színes kamerát tartalmaznak, mindkét konfigurációban fokozatmentes zoommal. Ezenfelül talál-

ÖSSZEFOGLALÁS: A szerző az MH Haderőmodernizációs és Transzformációs Parancsnokság Modernizációs Igazgatóság igazgatójaként vett részt előadóként a brit SAE Media Group 2023. április 24–25. között, Londonban megrendezett Future Armoured Vehicles Situational Awareness 2023 című konferencián. A tanácskozás célja, hogy tájékoztatókon és panelbeszélgetéseken keresztül fokozza a helyzetudatosságra épülő rendszerekkel foglalkozó ipari és katonai szereplők tájékoztatását és fejlődését. A jövő páncélozott harcjárműveinek helyzetudatosságára összpontosító egyetlen konferenciaként, a vitákat és a panelbeszélgetéseket vezető, szakértők által kiválasztott előadók révén, a szervezők szeretnék valódi betekintést nyújtani a konferencia résztvevői számára, hogy széles vertikumban tájékoztatást kapjanak az ipari, vagy tisztán katonai vonatkozású az ún. SAS-rendszerek területén elért fejlődésről.

KULCSSZAVAK: SAS rendszerek, környezettudatosság, páncélozott harcjármű, Lynx harcjármű

ABSTRACT: The SAE Media Group has organized the Future Armoured Vehicles Situational Awareness 2023 conference on 24-25 April, in London. This conference strives to enhance the learning and development of situational awareness systems programme managers and practitioners through briefings and panel discussions. As the only dedicated future armoured vehicle situational awareness focussed conference, they endeavour to deliver genuine insight and learning through the expertly selected participants who run the discussions and panels, ensuring the latest developments from all parts of the community (industry and military) are covered in great detail.

KEY WORDS: situational awareness, SAS, FAV systems, Lynx SAS systems

* Ezredes. MH Modernizációs Intézet, parancsnokhelyettes, K+F igazgató, NKE doktorandusz ORCID: 0000-0003-0279-8215



2. ábra. A Panoramic Above Armour Gimbal érzékelőfej nagy hatótávolságú azonosítási, fegyvervezérlési és tűztámogatási képességet tesz lehetővé [1]

ható benne egy lézertáv mérő, és egy lézeres célmegjelölő készülék is. A közös érzékelőfejbe integrált eszközök az alkalmazók számára nappal és éjszaka – minden időjárási körülmények között – együttesen nagy hatótávolságú azonosítási, fegyverirányzási és tűztámogatási képességeket biztosítanak. (2. ábra)

Az érzékelő eszközrendszer a jármű küzdőteréből távolról vezérelhető annak érdekében, hogy a kezelőszemélyzet mindig védett körülmények között tudja végezni feladatait. A szenzorfejet azért hozták létre, hogy kiváltsa azt a számos kamerából és érzékelőből álló rendszert, amely napjainkban egy modern harcjárműnek a részét kell, hogy képezze. Példaként elhangzott, hogy a brit hadseregben (British Army) rendszeresített AJAX típusú páncélozott gyalogsági harcjárműbe eredetileg 25 db kamera beépítését tervezték annak érdekében, hogy a felhasználók által támasztott követelményeket kielégítse. Ehhez olyan számítógépes háttérrel és adatelosztó hubokkal kellett tervezni, amelyek jelentős helyet foglaltak el az amúgy is szűkös küzdőtértől, továbbá a rendszer olyan mennyiségű adatot szolgáltatott a kezelőknek, amellyel már nem voltak képesek megbirkózni.

A harcjárművek kezelőszemélyzetének teljesítőképességén felül történő megterheléséről több előadó is szólt, megállapítva, hogy a szenzorok által szolgáltatott adatokat mindenképpen az előtt kell szűrni, hogy a felhasználóhoz, a harcjármű személyzetéhez eljuttának. A jelenlegi szenzorok alkalmazásával gyűjtött adatok mennyisége már régen meghaladta azt a határt, amelyet megbízhatóan, rövid időn belül és kognitív fáradtság nélkül, egy ember fel tud dolgozni. Ekkor kerülhet képbe a mesterséges intelligencia (MI) alkalmazása, amely ezt a nagy mennyiségű adathalmazt gyorsabban, precízebben feldolgozza és rendszerezi, mint az ember. Az eszközöket gyakorlatban alkalmazó szakemberek felvetették annak a kérdésnek, hogy az MI használata esetén annak milyen mértékű – hány százalékos – hatékonysággal kell működni; milyen pontossággal kell dolgoznia, amennyiben egy harcokcsít típusú 80%-os biztonsággal azonosít. Adható-e akkor tűzparancs, vagy várni kell a 100%-os megerősítésig? Ezen a ponton csúcsonylik ki annak a jelentősége, hogy a felhasználónak, az irányzónak készség szinten kell ismernie az eszköz működését, ellenkező esetben téves adatok alapján hozhatja meg végzetessé is válható döntéseit. Az embert tehát még nem lehet kihagyni az a döntéshozói folyamatból.³

Az előadók és a több mint 60 szakértőből álló hallgatóság is egyetértett abban, hogy a különféle szenzorrendszerek és az azokhoz kapcsolt feldolgozó algoritmusok alkal-

mazásával lerövidülhet a feldolgozási idő. Ezzel több idő juthat az embernek arra, hogy a megfelelő és helyes döntést meghozza és reagáljon a fenyegetésre, vagy ignorálja azt, amennyiben tévesnek, vagy veszélytelennek érteke-li. Ha egy lokális helyzetkép érdekében a harcjárművek szenzorai által gyűjtött adatok megosztását kell előtérbe helyezni, akkor azonban felmerül az adatátviteli képességek hiánya, az alacsony sávszélesség miatti adattöbbleti látencia. Hasonló probléma az orosz-ukrán háborúban is jelentkezik, mert az ukrán erők számára annyi helyről, és olyan nagy mennyiségben érkezik információ, hogy azok disztribúciója – a rendelkezésre álló eszközök technikai, technológiai korlátai miatt – már nem tud időben megvalósulni.

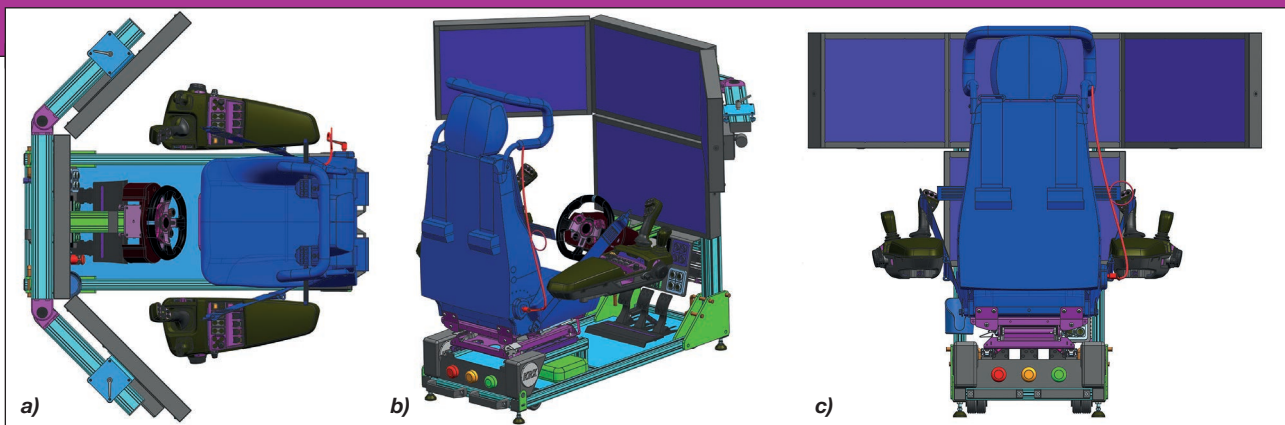
A konferencia első napjának második felében került sor a brit Armoured Trials & Development Unit⁴ (ATDU) képviselőinek előadására. Ez a kikülönített alegység végzi a különféle páncélozott harcjárművek mindenoldalú tesztelését és ellenőrzését a Bovingtonba települt bázisukon. (3. ábra) Az előadásukban kitértek az alegységnél jelenleg folyó tesztekre, köztük az AJAX páncélozott gyalogsági harcjármű Trailblazer vezetői nappali és éjjellátó kamera-rendszereinek vizsgálatára, amelyet pozitív visszajelzések kíséretében javasoltak az eszközökbe történő beépítésre. Ez azért is fontos információ, mert a Magyar Honvédség rendszerében hamarosan megérkező Lynx KF41HU harcjárműveket is ilyen vezetéstámogató kamerarendszerekkel szerelik fel. Az ATDU előadójának álláspontja szerint a harcjárművek kezelőinek és a deszanttérben elhelyezett lövészek létszámának csökkentése, valamint az azzal egyidőben történő átmenet a vezető nélküli szárazföldi harcjárművek alkalmazása területén, négy lépcsőben valósul meg.

Első körben – a szenzoroknak köszönhetően – megnő a harcjármű digitalizációjának színvonala, amelyet az MI-alkalmazások is tovább erősítenek (*Enhance the crew*). Ezt követi a kezelőállomány létszámának csökkentése, amikor azoknak a kezelőknek, akiket a digitalizáció helyettesíteni tud, már nincs feladata a járműben (*Reduce the crew*). A folyamat a harcjármű teljes személyi állományának megszüntetésével folytatódik. (*Remove the crew*) Az utolsó fázis a járművön kívül elhelyezkedő kezelők és a vezető nélküli eszközök hálózatának kialakítása (*Network the crew/team*).

Ennek a fejlődési irányzatnak egyik eredménye az ATDU által fejlesztett Remote Pilot Pod (távírányító vezetőállás – RPP), amely a harcjárművek távvezérlésére oly módon al-

3 ábra. Egy X2 pilóta nélküli szárazföldi jármű (UGV) látható az AWE20 képesség-bemutatóján, a háttérben egy Challenger 2 alapharcokcsival [2]





4. ábra. A Hamersham vállalat által gyártott Remote Pilot Pod szerkezeti ábrája [3]

kalmas, hogy egy páncélozott eszközben helyet foglaló vezető, a beépített RPP-n keresztül irányítja a mellette/előtte haladó iker harcjárművet, vagy akár több harcjárművet is egyszerre. (4. ábra)

A résztvevők nagy érdeklődéssel hallgatták a német David Stasseket, a LeoBen Users Group⁵ képviselőjét. A Leopard 2 MBT rendszermérnöke előadásában a jövő fegyverzetéről beszélt, és a Leopard 2 harckocsi további fejlesztéseivel kapcsolatban osztott meg érdekes információkat. Felidézte azokat a fejlesztési zsákutcákat, amelyek a Puma gyalogsági harcjármű kifejlesztésénél jelentkeztek. A páncélg ránátos alegységek szakértőinek bevonásával keletkezett hadműveleti és harcászati követelmények előlítottak olyan fejlesztéseket is, amelyek megalkotása jelentős mennyiségű időt és anyagi erőforrást emésztett fel, de nem vezetett eredményre, nem lett olyan hozadék, amely a harcjármű alkalmazását elősegítette volna. Ilyen volt például az a kérés az üzemeltetők részéről, hogy a harcjármű körüli térség már 1 cm (!) távolságból kórkörösen letapogatható legyen a kamerák segítségével. A kérés alapján a kameráknak akár $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet esetén is üzemelniük kell, és tisztításuk csak vizes mosórendszerrel válik megoldhatóvá. Ilyen és hasonló feltételekkel a szenzorrendszerek feleslegesen drágává és nehezen kifejleszhetővé válnak. A Leopard 2 harckocsi fejlesztésekor ezért arra kérték az alkalmazókat, hogy reális feltételeket írjanak elő a Situational Awareness System (helyzettudatosság rendszer – SAS) kifejlesztéséhez. A fejlesztők véleménye szerint a szenzorok fejlesztése, modernizálása 3-4 évente válik szükségessé, a szenzorokat működtető informatikai rendszer fejlesztését azonban majdnem minden évben el kell majd végezni. Előny lesz a különféle szenzorok adatainak egymással történő keverése, akárcsak az aktív védelmi rendszerként használni tervezett izraeli Trophy rendszer radarjaiból származó információk feldolgozása, és megosztása a harckocsi más rendszerei számára.

A konferencia második napján a brazil hadsereg (Forças Armadas Brasileiras) új fejlesztési projektjével ismerkedhetett meg a hallgatóság. Tales Villela vezérőrnagy a brazil hadsereg javító és felújító kapacitásairól, a Rio Arsenalról és a São Paulo Arsenalról tartott előadást, ahol a 60, 81 és 120 mm űrméretű aknavetők gyártásától kezdve, a brazil hadseregben rendszeresített EE-11 Ururu harcjárművek felújításáig mindenféle javítási és modernizálási feladattal foglalkoznak. Legújabb projektjük a Proteus nevű fejlesztés, amely a harcjárművek helyzetértékelésén oly módon javít, hogy a parancsnoki járművek mindegyikét ellátják e harcvezetési rendszerrel (Battlefield Management System – BMS), amelyeket egymással összeköttetésben helyi és kisebb lokális SAS rendszerként alkalmaznak.

Rene Teggeler őrnagy Hollandiából, a helyzetérzékelésről és a helyzet tudatosságról tartott előadást. Beszámolt a hazájában 2015 óta működő információ alapú művelet tervezéséről, az azokkal kapcsolatos fejlesztésekről, ame-

lyek az olyan, általuk üzemeltetett harcjárművek fejlesztését irányozzák elő, mint például a német gyártmányú Fennek felderítő, vagy a CV90/35NL típusú gyalogsági harcjármű. Az eszközök fejlesztésének egyik sarkalatos eleme – amelyet az előadó véleménye szerint majdnem minden évben fejleszteni kell –, az informatikai rendszerek kapacitásának növelése. Emellett a gyalogsági harcjárműveken előirányozták a teljes gumilánctalp alkalmazását, valamint a SPIKE LR2 páncéltörő rakéta, a lézerbesugárzás-jelző rendszer, illetve az izraeli Iron Fist aktív védelmi rendszer integrálását a parancsnoki, és az irányítói optikai elemek elektro-optikai rendszerekre történő cseréjével egyidőben. A hadsereg alacsony feltöltöttsége odáig vezetett, hogy minél nagyobb számban tervezik az autonóm járművek alkalmazását, és a Benelux térségben szinte egyedülként, a Holland Királyi Hadseregben haderőben engedélyezik a felfegyverzett szárazföldi drónok bevetését is.

A Romániából érkezett előadó kiemelten foglalkozott az általuk még az 1990-es évek végén gyártott TR-85-ös harckocsik fejlesztési, modernizálási lehetőségeivel, amelynek keretében a TR-85M1 verzióra fejlesztenék fel az egész flottát. Ennek keretében az eszközöket elektromos toronyforgató és lövegemelő rendszerekkel látnák el, kiegészítve azokat lézerbesugárzás-jelző és hőképzakötős irányzókkal, valamint Ciclop-M típusú tűzvezető rendszerrel. Ezeknek a harckocsiknak addig szükséges rendszerben maradniuk, amíg az új harckocsik megérkeznek a haderőhöz. Az új harckocsi – az előadó beszámolója szerint – ugyancsak saját gyártásban készül, és prototípusa már jövőre bemutatkozhat. (5. ábra)

A konferencián bemutatott a 2018-ban megrendelt Piranha V harcjárművek szállítási ütemezését is, amelynek keretében a megrendelt 227 db eszközből 68 db már 2022-ben beérkezett az országba. A megváltozott biztonsági viszonyok figyelembevételével a román kormány 2023-ban további 150 db harcjármű beszerzése mellett döntött.

Az ész Vegvisir vállalat képviselője érdekes előadást tartott a harcjárművezetők munkáját segítő Mixed Reality[®] (MR-kevert valóság) rendszerű szemüvegek alkalmazásáról. A Mixed Reality Situational Awareness System valójában egy helyzetfelismerő rendszer, amely eredményesen segíti a páncélozott járművek legénységének munkáját. Ennek lényege, hogy a vezető egy virtuális szemüvegen keresztül

5. ábra. A román TR-85M1 típusú modernizált harckocsi a ROMARM gyár teszt pályáján [4]





6. ábra. A Vegvisir XR-szemüvege egy CV9035 harcjármű kezelőjén [5]



7. ábra. A svéd BAE System Hägglunds által a holland hadseregnek átadott 4 db CV9035NL MLU gyalogsági harcjármű egyike [5]

olyan gyors frissítési idővel kapja az információkat, hogy az nem tér el a valóságérettől. Az eszköz emellett képes olyan hozzáadott információkat is megjeleníteni, mint a geolokáció, az irányok és a járműhöz köthető fontos információk, figyelemztetések, mint például a motor paraméterei. (6. ábra)

Stefan Thelin, a BAE System Hägglunds vállalat technológiai vezetője másképp közelítette meg a helyzet tudatosság fogalmát: szerinte alapvető, hogy a harcjárműben helyet foglaló személyzet és a lövész katonák minél komfortosabban érezzék magukat, hiszen ebben az eszközben akár órákat, vagy néha több napot kell eltöltsenek. Az előadása ennek megfelelően főleg a Human Factor Engineering⁷-ről szólt, azaz arról, hogy a CV90 harcjárműcsaládban milyen változtatásokat kellett tenni annak érdekében, hogy egyrészt felhasználóbarát legyen, másrészt igazodjon a fiatal Z generációból kikerülő katonák igényeihez, képességeihez. Bemutatta, hogy milyen kezelőfelületeket kellett ennek megfelelően kialakítani, hogyan és milyen irányba kellett megváltoztatni a HMI-t⁸. Ő is nagy hangsúlyt helyezett a kognitív túlterhelés csökkentésének irányába ható törekvésekre, hiszen vizsgálataik alapján kimutatható volt, hogy a szellemi terhelés hatására sokkal előbb elfáradnak és hibáznak a katonák, mint a fizikai terhelés alatt. Az érzékelők milliárdjaiból nyert információk között könnyen elvész a releváns információ. Az előadó sem támogatja az MI mindenáron történő alkalmazását, azokban a helyzetekben azonban, amikor rengeteg adatból kell kiválogatni a lényeges információkat, hasznos lehet az alkalmazása.

A CV90-ek esetében a kiterjesztett valóság (Augmented Reality – AR) képességet is be tudták építeni a harcjárműbe, méghozzá érdekes és eredeti módon: a rendelkezésre álló figyelőprizmákat úgy alakították át, hogy abba betáplálhasanak különféle rendszerek biztosította adatokat. A harcjármű vezetője így módon képes a harcjármű leglényesebb adatait ezen az eszközön keresztül, vezetés közben is megkapni, nem kell levennie a szemét a prizmáról, nem kellett új eszközt, nagy helyet elfoglaló sisakot integrálni a harcjármű amúgy is szűk küzdőterébe. Az így átalakított, fejlesztett eszközökből a holland hadsereg 2023-ban 4 db CV9035NL MLU⁹ típusú harcjárművet már átvett. (7. ábra)

A konferencia zárásaként a levezető elnök, Mark Kenyon nyugalmazott dandártábornok összefoglalta a kétnapos konferencia előadásait, és megállapította, hogy a helyzet tudatosság rendkívül fontossá vált a mai multidomain műveleti környezetben. Napjainkban az összes környezeti információ megszerzése szükséges annak érdekében, hogy előnyeinket ki tudjuk használni, és sikert tudunk elérni. A kulcs valójában abban áll, hogy a megszerzett információval mit tudunk kezdeni, hogyan tudjuk azt úgy feldolgozni, hogy ne terhelje túl a felhasználókat, mert az hosszabb távon nagyobb kárt okozhat, mint amennyi hasznot hoz. Ebben a tevékenységben segítségünkre lehet az MI, de nem szabad minden feladatot átadni számára, és nem

szabad feltétlenül megbízni a döntéseinek helyességében. Az ember számára szükséges az a szakmai tudás, amellyel meg tudja különböztetni egymástól a helyes és helytelen döntéseket.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Thales erhielt von Krauss-Maffei Wegmann den Auftrag zur Lieferung von 4 Panoramic Above Armour Gimbal (PAAG) an die Bundeswehr, <https://www.hardthoehenkurier.de/index.php/news/9-news/3409-thales-erhaelt-von-krauss-maffei-wegmann-den-auftrag-zur-lieferung-von-4-panoramic-above-armour-gimbal-paag-an-die-bundeswehr> (Letöltve: 2023.5.2.);
- [2] Experimentation and trial group, <https://www.army.mod.uk/our-future/experimentation/experimentation-and-trials-group/> (Letöltve: 2023.5.2.);
- [3] Hammersham heavy vehicle remote control system, <https://hamersham.com/> (Letöltve: 2023.4.24.);
- [4] Project TR-85M1 MBT, <https://www.army-technology.com/projects/tr-85-mbt/> (Letöltve: 2023.5.2.);
- [5] Vegvisir Mixed Reality UI System, <https://www.vegvisir.ee/vegvisir-mixed-reality-ui> (Letöltve: 2023.4.25.);
- [6] BAE Systems Hägglunds details the Royal Netherlands Army CV90 MLU, <https://www.edrmagazine.eu/bae-systems-hagglunds-details-the-royal-netherlands-army-cv90-mlu> (Letöltve: 2023.5.2.).

JEGYZETEK

- 1 A jövő páncélozott harcjárműveinek helyzet tudatosság-ismerete elnevezésű konferencia üzenete, hogy a harcjárművek kezelői számára a szenzorrendszerek jellemzően arra szolgálnak, hogy minél több információt biztosítsanak a harcjármű környezetéről.
- 2 PAAG – Páncélozás feletti stabilizált panoráma (optika).
- 3 „Human in the loop” – az ember a döntési folyamat részét kell, hogy képezze, vagy „Human on the loop” – az ember rálát a döntési folyamatokra és amennyiben kell, beavatkozik azokba, de a folyamat – amennyiben azt hitelesnek ítéli – autonóm módon is végigfuthat.
- 4 ATDU – páncélozott (harcjárművek) tesztelő és fejlesztő egysége.
- 5 A Leopard harcokocsik, és azok alvázára épített páncélozott harcjárművek logisztikai és technológiai fejlesztéséért felelős német vezetésű munkacsoport.
- 6 A kevert valóság (Mixed Reality, MR) valójában egyesíti a kiterjesztett (Augmented Reality, AR) és a virtuális valóság (Virtual Reality, VR) adta előnyöket. A kiterjesztett valóságot azzal fejlesztjük tovább, hogy a virtuális valóság elemei nem csupán megjelennek a képernyőn – a speciális szemüveg vagy sisak látóterében –, hanem kapcsolatba is tudnak lépni a való világgal.
- 7 Az emberi tényezőt vizsgáló, szabályozó mérnöki fejlesztések.
- 8 HMI – Human-Machine Interface, különböző beviteli eszközök.
- 9 MLU – Mid-Life-Update – középidejű korszerűsítési (csomag).

1. ábra. A Magyar Honvédség PzH 2000 önjáró lövegéről készült felvétele közvetlenül a lövés után, amikor a kiáramló gáz nagy sebességgel hagyja el a csövet (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / Kertész László)



Kis Árpád*

A lökéshullám jelensége és jelentősége

Lökéshullám, vagy ismertebb elnevezéssel hangrobbanás (angolul: shock wave vagy blast wave) akkor keletkezik, amikor egy tárgy vagy egy hatás gyorsabban halad az adott közegben, mint amekkora a hullám terjedésének sebessége ugyanabban a közegben. Ilyen eset lehet például nagy energiájú robbanás, hangsebesség feletti lövedék vagy hangsebesség felett haladó repülőgép.

A lökéshullámmal kapcsolatos tudományos érdeklődés a XX. század első felében alakult ki, a nagy energiájú robbanások megjelenésével és elterjedésével kapcsolatban. Kiderült ugyanis, hogy a nagy erejű robbanások esetén nem (csak) a robbanás maga rombol, hanem valójában a robbanás előtt haladó hullám, amelyre jellemző, hogy nagy nyomást és összesűrűsödött levegőt hordoz, és annak hatása a romboló. Ezen a ponton érdemes megemlítenünk Zemplén Győző¹ nevét, aki az elméleti fizika egyik első magyarországi művelője, és a lökéshullámok elméletének kidolgozója volt.

A lökéshullám számos tulajdonságában különbözik a közönséges hanghullámtól. A hanghullám áthaladása a közegen alapvetően nem változtatja meg maradandó módon a közeg – a hanghullám esetében a levegő – paramétereit, mint pl. a hőmérsékletét, sűrűségét és nyomását. A hanghullám közegen történő áthaladása egy reverzibilis folyamat, vagyis az áthaladás után minden érték visszaáll az áthaladás előtti állapotba. (Ha valaki például kiabál egy szobában, attól nem lesz sem melegebb, sem sűrűbb a levegő). A lökéshullám ezzel ellentétben egy irreverzibilis folyamat, mert alapvetően változtatja meg a közeg jellemzőit: összenyomja azt, ezáltal sűrűbb lesz a közeg, és megnövekszik a hőmérséklete és nyomása. Vagyis ezáltal energia disszipálódik, tehát energiaátadás történik. Ez jól látható a 2. ábrán, amely egy hangsebesség feletti lövedék ún. árnykép-technológiával készült felvételét mutatja. Jól megfigyelhető a lökéshullám, amelyet ívelt alakja miatt fejhullámnak (bow shock) is nevezünk, amely elválasztja a

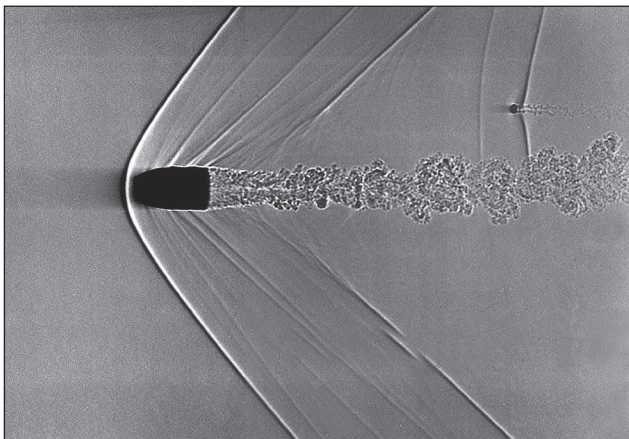
ÖSSZEFOGLALÁS: A tanulmány a lökéshullám jelenségével foglalkozik, bemutatva jellegzetes fizikai tulajdonságait a légkörben, és az űrplazmában létrejövő lökéshullám esetében egyaránt. Tárgyalja az űrplazmában kialakuló lökéshullám részecskegyorsító képességét, részletesen leírva a gyorsításhoz kapcsolódó feltételeket, kitérve a már ismert, és a még kutatásra váró kérdésekre. Végül áttekinti az űrplazma lökéshullámmal kapcsolatos laboratóriumi kutatását és a gyakorlati alkalmazás lehetőségét.

KULCSSZAVAK: űrplazma, lökéshullám, fejhullám, elsőrendű Fermi-gyorsítás

ABSTRACT: The study deals with the shock wave phenomenon, presenting its characteristic physical properties both in the case of shock waves created in the atmosphere and in space plasma. It discusses the particle acceleration ability of the shock wave formed in space plasmas, by describing in detail the conditions related to the acceleration, covering the already known facts and the questions that still need to be researched. Finally, it reviews space plasma shock wave laboratory research and its potential for practical application.

KEY WORDS: space plasma, shock wave, bow shock, first-order Fermi acceleration

* ELKH Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, Űrkutatás-Űrtechnológia Szervezeti Egység vezető, űrkutatás fejlesztéséért felelős igazgatóhelyettes. ORCID: 0000-0003-1841-7202



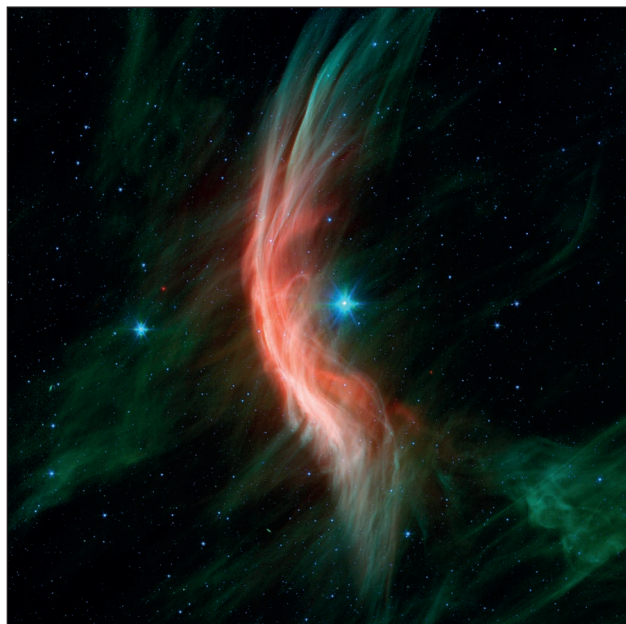
2. ábra. Egy hangsebesség feletti lövedék körül kialakuló ívelt alakú lökeshullám vagy fejhullám, és környezetének úgynevezett árnyékképe. Balról a háborítatlan közeg, jobb oldalon a „sokkolt”, összenyomott, turbulenssé vált közeg látható. A kettőt elválasztja a lökeshullám íve (Forrás: NASA, [1])

még érintetlen (bal oldalon), illetve a már zavart, turbulens és termalizált közeget, amely a lökeshullám mögött látható (a kép jobb oldalán). Az árnykép-technológiát éppen az teszi megvalósíthatóvá, hogy az átalakult sűrűségű közegnek más lesz az optikai törésmutatója, ezáltal válik láthatóvá és lefényképezhetővé a megváltozott tulajdonságú közeg. A lökeshullámok stabilnak mondható képződmények, amelyek hosszú ideig fennmaradhatnak. Keletkezésük helyétől nagy távolságokra is észlelhetők, ahogy azt a 2022 januárjában kitört tongai² vulkán esete is mutatja. A kitöréskor keletkezett lökeshullámot még Magyarországon is lehetett észlelni, ahol a soproni Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet légnyomásmérő műszere két alkalommal is mérte a változást [2], ugyanis a lökeshullám két irányból érkezett az országba, miután mindkét oldalról megkerülte a Földet.

LÖKESHULLÁMOK AZ UNIVERZUMBAN: SZUPERNOVA, TERMINATION SHOCK, FEJHULLÁM

A lökeshullám létezése nem korlátozódik csupán a légkörre; ugyanis a lökeshullám jelensége az egyik legelterjedtebb jelenség, amely tulajdonképpen a világegyetem bármely pontján megfigyelhető. A világegyetem (és ezen belül a Naprendszer) ugyanis nem üres, hanem kitölti egy ritka anyag, az úgynevezett űrplazma. Az űrplazma jelentős részét szabadon álló protonok és elektronok alkotják, amelyek azért nem rekombinálódnak, mert olyan ritka a plazma, hogy az alkotórészecskéi ütközés nélkül „elmennek” egymás mellett. Emiatt ezt a materiát ütközésmentes plazmának is nevezzük. A napszélplazmában például a sűrűség olyan kicsi, hogy köbcéntiméterenként mindössze néhány részecske található benne a Föld környezetében. Jellegzetessége az űrplazmának, hogy kívülről (elektromos szempontból) semleges, amely azt jelenti, hogy ugyanannyi proton és kis mértékben más pozitív töltésű részecske, mint elektron található benne. További tulajdonsága az űrplazmának, hogy mágnesezett (a plazmába ágyazódott mágneses teret visz magával). Mindezek miatt az űrplazmát, amelynek jeles képviselője a napszél is, ütközésmentes, mágnesezett űrplazmának is nevezik.

Ívelt lökeshullám, vagyis fejhullám keletkezik például csillagok körül is, amikor a csillagból kiáramló plazma anyaga



3. ábra. A gyorsan mozgó Dzéta Ophiuchi csillagból kiáramló csillagszél és a környező porfelhők találkozására ívelt lökeshullámot/fejhullámot hoz létre, ami jól látható a NASA Spitzer űrtávcsővének³ infravörös tartományban készített felvételén [3]

találkozik az adott esetben nagy sebességű csillagközi anyaggal, a „csillagközi szél” plazmájával. (3. ábra)

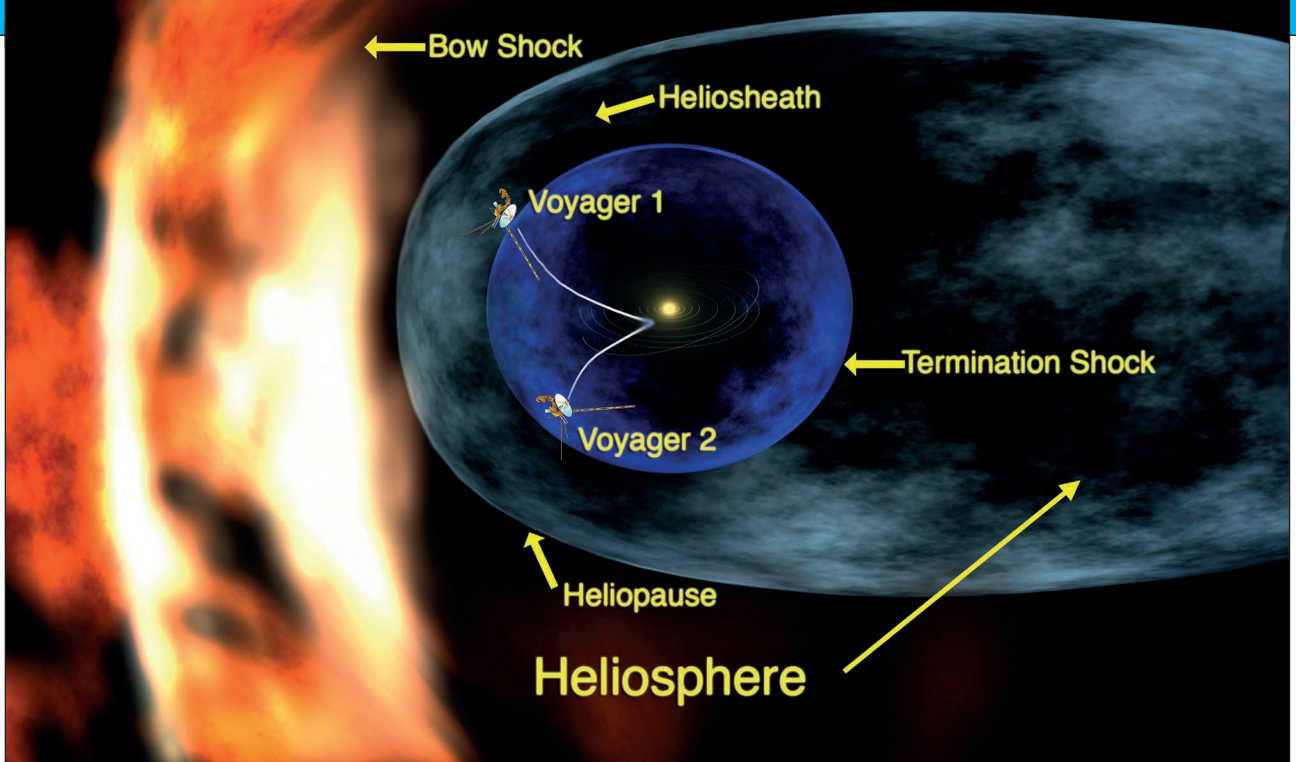
Lökeshullámmal találkozunk a Naprendszer külső határánál is: amikor a Napból kiáramló anyag, a napszél plazmája annyira lelassul, hogy sebessége szubszonikusá válik (a plazma tulajdonságai szerint), és kialakul a lökeshullám, ami a Naprendszer „buborékának” a szélét jelzi, és amit a szakirodalom „Termination Shock” néven ismer. (4. ábra). Ennek a határvonalnak a létezését egészen 2004-ig csak feltételezték, amikor is a Voyager-1 űrszonda⁴ bizonyíthatóan áthaladt rajta, és amit követett a Voyager-2 áthaladása 2007-ben. Később, 2012-ben a Voyager-1 áthaladt a heliopauzán is⁵. A helioszféra külső határára, a heliopauza környékén ismét egy lökeshullámmal, pontosabban fejhullámmal találkozhatunk, amely a csillagközi anyag áramlása és a helioszféra anyagának kölcsönhatása miatt jön létre. A helioszféra ugyanis egy interstelláris felhő belső szélénél helyezkedik el, és sebességük egymáshoz viszonyítva becslések szerint eléri a 80 000 km/h-t.

LÖKESHULLÁM, VAGY FEJHULLÁM A FÖLDNÉL: INTERAKCIÓ A FÖLDI MÁGNESES TÉR ÉS AZ INTERPLANETÁRIS TÉR KÖZÖTT

Találunk lökeshullámot, pontosabban fejhullámot közelebb is, nem kell a Naprendszer vagy a galaxisunk széléig elutaznunk. A Napból folyamatosan kiáramló anyag, a napszél a Föld környezetében 300–600 km/s sebességgel mozog. A földi mágneses tér, a magnetoszféra a töltött részecskékből álló napszél számára áthatolhatatlan akadályt jelent, ezért a napszélnek le kell lassulnia, és körbe kell folynia a magnetoszféra körül. A kölcsönhatás következménye a kialakuló fejhullám (5. ábra).

Ha összehasonlítjuk a Föld körüli fejhullámot a hangsebességnél gyorsabban mozgó lövedék esetében keletkező fejhullámmal, akkor jól látható a hasonlóság. Ez nem meglepő, hiszen a napszél áramlásában a Föld is tulajdonkép-





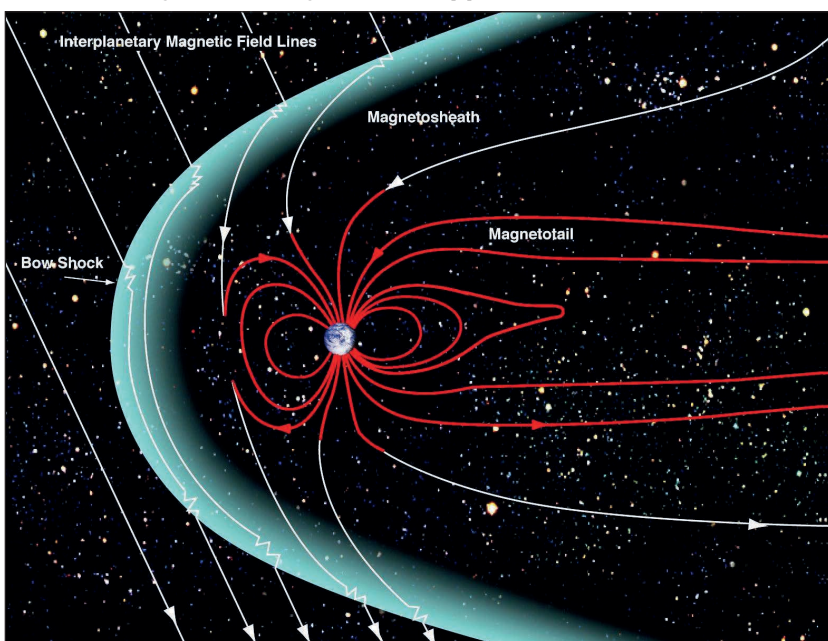
4. ábra. A Naprendszer és környezetének grafikus ábrázolása. A Naprendszer „buborékának” a határát a Termination Shock jelzi, ahol a szuperszonikus napszél szubszonikus sebességűvé válik. A helioszféra külső részét is (a heliopauzáig) kitölti a Napból kiáradó anyag. A heliopauzán kívül ismét egy lökéshullámmal, vagy fejhullámmal találkozunk, amelyet a helioszféra és a csillagközi felhő találkozása hoz létre. Az ábra jelöli a Voyager-1 és -2 pályáját is. A Voyager-1 2012-ben bizonyíthatóan áthaladt a heliopauzán [4]

pen egy hangsebességnél gyorsabban mozgó lövedéknek felel meg; mindössze annyi a különbség, hogy a „lövedéknek utazva” nekünk, a Földön tartózkodóknak a fejhullám egy állóhullámként jelentkezik.

Keletkezése könnyen megérthető annak ismeretében, hogy a napszél sebessége a Föld környezetében „szuperszonikus”, ami a napszél plazmájának esetében úgy érten-

dő, hogy az ebben a közegben keletkező hullámok terjedési sebességének jellemzően a többszöröse. Ezt nevezzük a lökéshullám/fejhullám Mach-számának. A földi fejhullám felfedezése komoly meglepetés volt 1964-ben, amikor első alkalommal sikerült űreszköz⁶ fedélzetére helyezett műszerekkel kimutatni a létezését, és rögzíteni a lökéshullám adatait⁷. [6].

5. ábra. A földi mágneses tér és a körülötte kialakuló fejhullám, ahol a szuperszonikus sebességű napszél plazmája összenyomódik, sűrűsége megnő és szubszonikussá lassul. Az ábrában szereplő kifejezések: interplanetary magnetic field – bolygóközi mágneses tér; magnetosheath – mágneses burok; bow shock – fejhullám; magnetotail – mágneses csóva [5]



Felmerülhet a kérdés: hogyan alakulhat ki lökéshullám egy olyan ritka közegben, ahol – amint az előbb említettük – a részecskék nem találkoznak, nem ütköznek, így ezen a módon energiát sem tudnak átadni egymásnak. A levegő esetében könnyen megérthető a folyamat, hiszen a levegőt alkotó részecskék ütköznek, energiát adnak át egymásnak, így tud disszipálni az energia. De hogyan történik ez az űrplazmában kialakuló lökéshullámok esetén? Mi az a fizikai folyamat, amely képes az energia disszipálására egy ütközésmentes, mágnesezett plazma esetében? Ez a kérdés a tudományos alap kutatás szempontjából is fontos, hiszen egy olyan új fizikai jelenséget érthetünk meg, amely gyakran előfordul az Univerzum számos pontján, akár olyan távoli szegleteiben is, ahová – érthető okokból – nem tudunk műszereket küldeni. Ebből a szempontból a földi fejhullám egy kiváló természetes űrplazma-laboratóriumnak fogható fel, ahol a lökéshullám és tulajdonságai részletesen tanulmányozhatóak in-situ, vagyis közvetlen mérések alkalmazásával. A kutatás által kapott eredmények természetesen felhasználhatók olyan

távoli objektumok jelenségeinek a megmagyarázására is, ahol – az előbb említettek alapján – nem tudunk közvetlen módon méréseket végezni. Ilyenek lehetnek a szupernóva robbanások is, amelyek körül szintén lökéshullám keletkezik.

Az energia disszipációjának kérdésén túl, a lökéshullám még egy igen fontos tulajdonsággal rendelkezik az űrplazmában: nevezetesen – a jelek szerint – igen hatékony részecskegyorsító „szerkezetként” működik!

RÉSZECSEGYORSÍTÁS A FÖLDI FEJHULLÁMNÁL

Ahogy azt korábban említettük, a napszél lelassul a földi magnetoszférával való találkozáskor, és így alakul ki a lökéshullám, vagyis a fejhullám a Föld körül, amely a földről nézve tulajdonképpen egy állóhullám, vagyis mindig jelen van. A fejhullám tehát két olyan áramlási zónát választ ketté, amelyeknél az egyik jelentősen nagyobb áramlási sebességgel rendelkezik, mint a másik. A nagy sebességű zóna a napszél, a másik, a hullám túlsó oldalán levő zónában a lelassított, összenyomott, megnövekedett sűrűségű és termalizált, vagyis turbulenssé vált (korábbi) napszélplazma található.

Fontos tudnivaló, hogy a két zónában egészen különböző az áramlási sebesség. Ezt úgy is mondhatjuk, hogy két konvergens áramlási zónával van dolgunk.

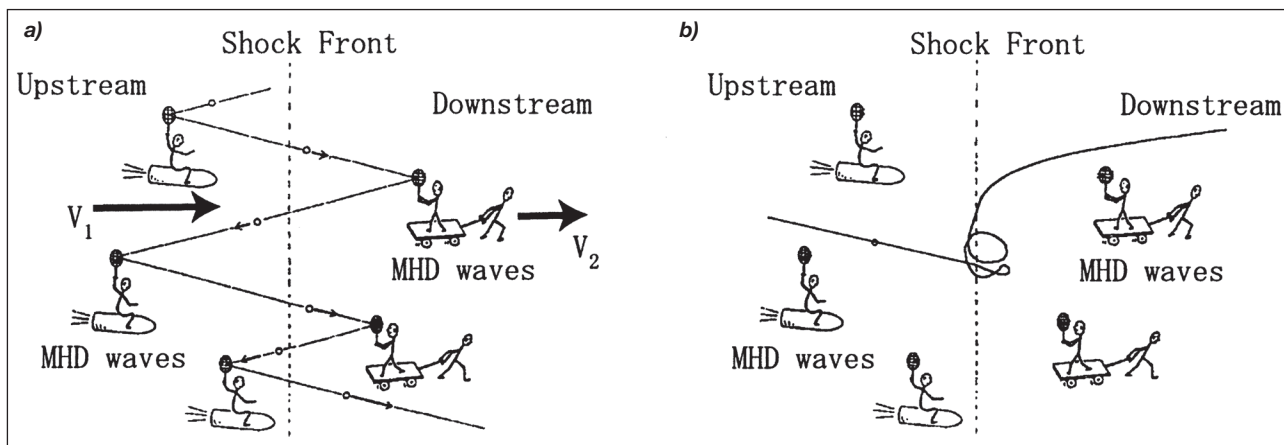
Enrico Fermi Nobel-díjas fizikus, aki együtt dolgozott Teller Edével, Szilárd Leóval és Neumann Jánossal a Manhattan-terven⁸, először javasolt egy olyan részecskegyorsítási mechanizmust, amely két konvergens áramlási zóna határán következik be. Ezt nevezzük manapság elsőrendű Fermi-gyorsítási mechanizmusnak. Fermi elmélete szerint, ha egy részecske (pl. egy proton vagy egy elektron) a két zóna között ide-oda verődik úgy, hogy közben áthalad a lökéshullám frontján, akkor képes arra, hogy számottevő energiát nyerjen, vagyis megnövekedjen a mozgásának a sebessége. Minél többször történik meg ez a „ping-pong” a két oldal között, annál nagyobb energiára tud szert tenni az adott részecske.

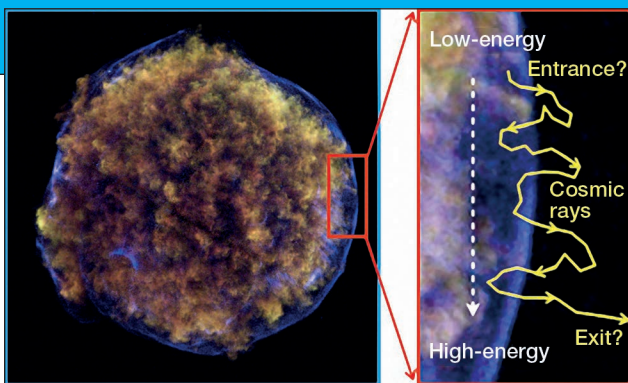
A 6. ábra segíthet jobban megérteni ezt a folyamatot, amely egy kozmikus plazmában zajló teniszmeccset ábrázol. A terület két zónára osztott, amit a lökéshullám (vagy fejhullám) frontja választ középen ketté. Bal oldalt (upstream) található a nagy sebességű közege, a napszél, míg jobb oldalt (downstream) a jóval kisebb sebességű, összenyomott plazma található. A sebességek illusztrálá-

saként a bal oldalon rakétán ülő teniszjátékosok látszanak, amint a „háló” felé száguldanak, míg a másik oldalon olyan játékosok helyezkednek el, akiket egy targoncán elhúz a háló irányából egy segéd. Nyilvánvalóan ezek után a jobb oldalon levő játékosoknak a sebessége sokkal kisebb, mint a bal oldalon levők sebessége. A gyorsításban részt vevő részecske játssza a labda szerepét. Tegyük fel továbbá, hogy a „labda” visszaütésekor tökéletesen rugalmas ütközés történik, tehát a labda semmit sem veszít a sebességéből amikor visszaütik, csak megfordul a mozgásiránya, illetve így lenne akkor, ha a játékosok nem mozognának. A játékosok azonban mozognak, ennek következtében a bal oldali, rakétán ülő játékos esetében, amikor az megüti a labdát, akkor a labda eredeti sebességéhez hozzáadódik a játékos sebessége is, tehát a labda sebessége megnövekszik. A jobb oldalon azonban, amikor az ottani játékos visszaüti a labdát, akkor a labda sebességéből kivonódik a játékos mozgási sebessége, hiszen őt a segéd elvontatja a „hálótól”. De itt jön a csavar: miután a bal oldali, háló felé száguldo játékos sebessége jóval nagyobb, mint a jobb oldali játékosé, aki viszont távolodik a hálótól, emiatt összességében a labdának, illetve a folyamatban részt vevő részecskének a sebessége nettó értékben megnőtt, mégpedig pontosan annyival, amennyi a két játékos mozgási sebességének a különbsége. Természetesen, ha a részecskének ez az ide-oda ütégetése többször megtörténik, akkor minden egyes lépés után egyre jobban növekszik a részecske sebessége.

A lökéshullám fizikájának a tanulmányozása gyakorlatilag a felfedezése óta az űrkutatás egyik fontos témája, amelyik töretlenül érdeklődésre tart számot. Azt mondhatjuk, hogy az elmúlt évtizedekben végzett kutatások eredményei nyomán elég pontosan ismerjük a gyorsítási mechanizmust, mikor, hogyan alakul ki, melyek a jellemzői stb., ugyanakkor még számos olyan kérdés akad amely megválaszolásra vár. Ezek közé tartoznak például a Fermi-gyorsításhoz szükséges alapfeltételek és azok jelenléte a különféle esetekben. Három alapfeltétel létezik. Ahhoz, hogy beindulhasson a folyamat – első feltételként –, a gyorsításban részt vevő részecskének egy kicsivel nagyobb energiával kell rendelkeznie, mint a többi, a napszelet alkotó részecskének. Ezt hívjuk az „injekció” kérdésének: vagyis, hogy a részecskét bele kell a jelek szerint injektálni a folyamatba. Ugyanis, ha ez nem történik meg, akkor a részecske nem tud áthaladni a lökéshullám felületén vissza, a napszél tartományba. Ennek értelmében valahol,

6. ábra. Az elsőrendű Fermi-féle gyorsítási folyamat sematikus magyarázata. a) eset: a részecske részt vesz a gyorsítási folyamatban. b) eset: a részecske mozgásának ábrázolása a lökéshullámmal történő találkozásnál; ez a részecske nem kerül gyorsításra (Forrás: [7], M. Scholer rajza)





7. ábra. Balra a Tycho szupernóva-maradvány, ahogy azt a Chandra műhold érzékelte röntgensugár-tartományban. A robbanás nyomán egy kifelé táguló lökéshullám keletkezik. A kék szín megfelel a szinkrotron sugárzásnak, amelyet közel fénysebességre gyorsított elektronok hoznak létre a lökéshullámmal való kölcsönhatás nyomán. Jobbra láthatjuk a gyorsítási folyamat elvi ábrázolását, ahogy a lökéshullám frontján többször áthaladó részecske energiáját nyer [10]

valamikor a részecskének részesülnie kell egy előgyorsításban, mielőtt még részt venne a további gyorsítási folyamatban. [8]

A második feltétel, hogy a részecskét vissza kell fordítani a lökéshullám irányába mindkét oldalon, ezt jelzi szemléletesen a teniszjátékosok jelenléte. Igen, ám – ahogy korábban említettük –, ebben a ritka plazmában nincs ütközés. Akkor meg hogyan, mitől fordul vissza a részecske a lökéshullám felé? A megoldást a hullám-részecske kölcsönhatás jelenti: mindkét oldalon intenzív hullámképződésnek kell történnie ahhoz, hogy működjön a gyorsítási folyamat. A hullámképződés vagy -képzés azonban igen érdekes kérdés, ugyanis kiderült, hogy ezeket a hullámokat maguk a gyorsított részecskék generálják. Ennek értelmében az egész folyamat egy igen bonyolult, visszacsatolt rendszerként működik, amelynek még nem ismerjük minden részletét. [9]

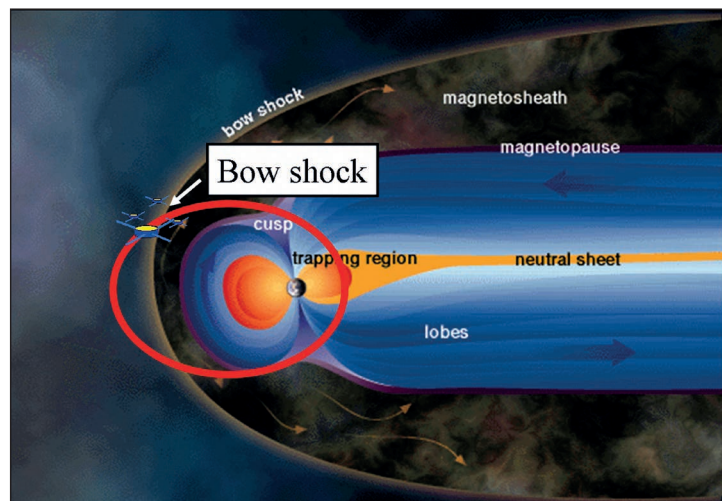
A harmadik feltételként a „szökési határfelület” kérdése jelentkezik, ugyanis, elvileg ez a „kozmosz teniszjáték” akármilyen hosszú ideig tarthat, aminek következtében bármilyen nagyságú energiára szert tehet a folyamatban részt vevő részecske. Látjuk azonban azt is, hogy például a földi fejhullám esetében a gyorsított, nagy energiájú részecskék, amelyek itt lokálisan keletkeznek, jól behatárolható energiával rendelkeznek, pontosabban nem gyorsulnak akármilyen nagy sebességre. Ennek oka az elmélet szerint egy „szökési határfelület” megléte, ahol egy bizonyos energiát elért részecske kiszabadul a rendszerből és elhagyja azt, nem vesz részt a további energiacsereben. Mi dönti el azt, hogy milyen maximális energiára tehetnek szert a részecskék?

Egyértelmű az eddigiekből, hogy noha maga a folyamat egyszerű, a részletek lehetnek igen bonyolultak és jelenleg nem is teljesen ismertek.

További kérdés, hogy a bejövő napszélionoknak miért csak egy bizonyos százaléka vesz részt a gyorsításban? Hogyan, mi alapján választódnak ki azon részecskék, amelyek nagy energiákra tesznek szert? Az ugyanis kiderült eddig, hogy a bejövő, a napszélplazmát alkotó részecskéknek legfeljebb 10%-a vesz részt a gyorsítási folyamatban, de az esetek többségében ennél is kisebb ez az arány. A kérdésre még nem ismerjük a pontos választ.

A CLUSTER-MISSZIÓ: A LÖKÉSHULLÁM TANULMÁNYOZÁSA 3D-BEN

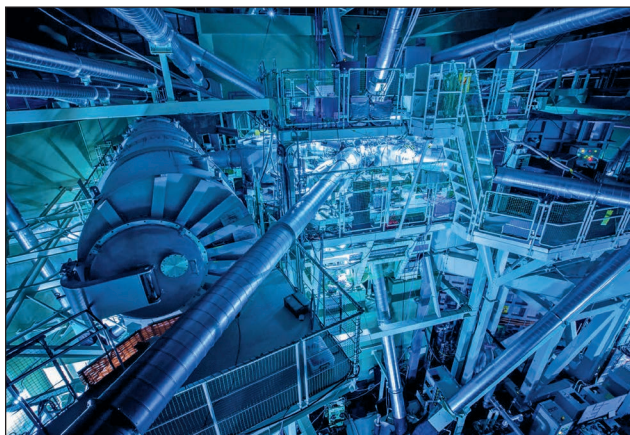
A lökéshullám iránti fokozott érdeklődést mutatja az a tény, hogy a tudományos közösség már sok olyan Föld körüli műholdas missziót tervezett és indított el, amelyekben kifejezetten szerepelt a földi fejhullám minél részletesebb megfigyelése és tanulmányozása. Az egyik ilyen űrmisszió az Európai Űrügynökség (European Space Agency – ESA)



8. ábra. A Cluster-műholdak pályája a téli időszakban. Megfigyelhető, hogy ebben az időszakban a pályavonal áthalad a lökéshullámon. Ezzel részletesen vizsgálhatóvá válnak a lökéshullám gyorsítási és energiadiSSIPációs folyamatai. Az ábrában szereplő kifejezések: magnetopause – magnetopauza; neutral sheet – neutrális sík; lobe(s) – (mágneses) csóva; cusp – sarki tölcser; trapping region – sugárzási övek [11]

egyik nagy vállalkozása, a Cluster-misszió, amely közel két évtizede szolgáltatja az adatokat a Föld körüli térségből. Az aktív működés igen figyelemreméltó, hiszen a küldetést eredetileg jóval rövidebb időre tervezték. A Cluster azonban annyira sikeres volt és olyan sok új eredménnyel szolgált, hogy ennek következtében több alkalommal is támogatták a misszió idejének meghosszabbítását.

A Cluster-misszió négy azonos műholdból áll, amelyek nagyjából tetraéder alakzatban, úgynevezett poláris pályán keringenek a Föld körül. A pálya alakja egy nyújtott ellipszis. (8. ábra) A pálya nagyságát úgy tervezték meg, hogy az nemcsak áthalad a magnetoszféra minden fontos részén, hanem ki is lép a bolygóközi térbe, tehát eközben áthalad a fejhullámon is. Ez a téli időszakban zajlik, ugyanis ebben az évszakban a pálya a nappali oldalon van a legtávolabb a Földtől, míg az éjszakai oldalon egészen közel halad a Földhöz. A nyári időszakban éppen a fordítottja történik, ugyanis akkor a nappali oldalon halad közel a Földhöz a pálya, és az éjszakai oldalon a Földtől távol haladnak el a műholdak. Ennek oka, hogy mivel a pálya síkja az állócsillagokhoz rögzített, ezért a földi magnetoszféra fordul körbe a pályához képest, ahogy a Föld egy év alatt megkerüli a Napot. Ezzel biztosítható, hogy a Föld körüli környezet minden pontját „végigsöpri” a műholdcsoport, és ezzel minden területről értékes adatokat szolgáltat. Azért van szükség négy darab műholdra, mert így lehet egyidejűleg méréseket végezni a térben, ami igen fontos egy olyan dinamikus és változó közegben, mint amilyen az űrplazma. Szemléletesen szólva a Cluster-misszió volt az első olyan küldetés, amelynél a térbeli változást külön lehetett választani az időbeli változástól. Ha csak egy műhold áll rendelkezésre, akkor nem lehet eldönteni, hogy a mért adatokban látható változás időbeli, vagy térbeli változás. A korábbi, egyműholdas missziók esetében emiatt egy adott területet csak statisztikai vizsgálatokkal lehetett mérni, mert sokszor át kellett haladnia a műholdnak a vizsgált területen, és az így nyert adatokat „átlagolva” lehetett az adott területet tanulmányozni. A statisztikai módszer jól működik, de hátránya, hogy csak az „átlagos” leírása adható meg egy adott területnek vagy jelenségnek, az egyedi



10. ábra. A 12. HEDLA (2018) konferencián bemutatott GEKKO-LFEX laboratóriumi rendszer, amely az asztrofizikai folyamatokat a Földön, laboratóriumi körülmények között hivatott tanulmányozni [13]

lálható (California, USA), hogyan tudnák asztrofizikai jelenségek kutatására felhasználni, azaz mindazt a tudást, amit az űrkutatás területén szereztünk, hogyan lehetne egy új technológia formájában alkalmazni. Első hallásra ez egy megvalósíthatatlannak tűnő terv, ám már eddig is komoly eredményeket sikerült elérni. Hogy ez mekkora erőfeszítést igénylő vállalkozás, arról a 10. ábra tanúskodik, amelyen az Oszakai Egyetem lézertechnika tanszékén működő GEKKO-LFEX (Laser for Fast Ignition Experiment)⁹ berendezésének részlete látható. Ettől kezdve teljességgel megjósolhatatlan, hogy mivé fejlődhet ez az új technológia. Az azonban biztosan állítható, hogy az új technológia megjelenésével hirtelen számottevően kitágul a lehetőségek horizontja az emberiség előtt mind harcászati, mind pedig ipari alkalmazások terén.

További információk a témában:



HIVATKOZOTT IRODALOM

[1] https://www.nasa.gov/images/content/185590main_F-Bullet-Shock.jpg Image courtesy of Andrew Davidhazy/Rochester Institute of Technology;

[2] <https://epss.hu/a-tongai-vulkankitores-okozta-nyomasvaltozast-a-fi-muszerei-is-eszlelte/>;

[3] Forrás: <http://www.spitzer.caltech.edu/images/5517-sig12-014-Massive-Star-Makes-Waves> Author: Courtesy NASA/JPL-Caltech;

[4] Forrás: NASA/Walt Feimer, Public domain, via Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Voyager_1_entering_heliosheath_region.jpg (Letöltve: 2023.7.10.);

[5] Forrás: https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/multimedia/magnetosphere.html Credit: NASA/Goddard/Aaron Kaase;

[6] Ness, Norman F.; Scearce, Clell S.; Seek, Joseph B. Initial Results of the Imp 1 Magnetic Field Experiment. *Journal of Geophysical Research*, vol. 69, issue 17, pp. 3531-3569, 1964. https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/1964JGR....69.3531N/doi:10.1029/JZ069i017p03531;

[7] Masahiro Hoshino. Nonthermal Particle Acceleration in Shock Front Region: “Shock Surfing Accelerations”. *Progress of Theoretical Physics Supplement*, Volume 143, May 2001, Pages 149–181, <https://doi.org/10.1143/PTPS.143.149>;

[8] Kis, Arpad. Agapitov, Oleksiy; Krasnoselskikh, Vladimir; Khotyaintsev, Yuri V.; Dandouras, Iannis; Lemperger, Istvan; Wessergom, Viktor: Gyrosurfing Acceleration of Ions in Front of Earth’s Quasi-parallel Bow Shock. *The Astrophysical Journal*, Volume 771, Issue 1, article id. 4, 8 pp. (2013). https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2013ApJ...771....4K/doi:10.1088/0004-637X/771/1/4;

[9] Kis, Arpad Shuichi, Matsukiyo; Fumiko, Otsuka; Tohru, Hada; Istvan, Lemperger ;Iannis, Dandouras; Veronika, Barta; Gabor, Facsko: Effect of Upstream ULF Waves on the Energetic Ion Diffusion at the Earth’s Foreshock. II. Observations. *ASTROPHYSICAL JOURNAL* 863: 2 pp. 136-144., 9 p. (2018). <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/aad08c>;

[10] <https://www.isas.jaxa.jp/e/forefront/2013/uchiyama/index.shtml> Forrás: JAXA, Institute of Space and Astronautical Science;

[11] Forrás: <https://sci.esa.int/web/cluster/-/34927-cluster-orbit-over-a-sketch-of-the-earth-s-magnetosphere>;

[12] Forrás: https://science.nasa.gov/science-pink/s3fs-public/atoms/files/Helio-Fleet-16_9-top-text%20REV%20MAR23-03.pdf;

[13] Forrás: <https://www.ile.osaka-u.ac.jp/hedla2018/photo.html> (Letöltve: 2023.7.3.).

JEGYZETEK

- Zemplén Győző (1879–1916) fizikus, egyetemi tanár, az MTA levelező tagja, ütegparancsnok és tűzérőhadnagy.
- Tonga az óceániai Polinéziában, a Tonga-szigeteken fekvő állam, amely három kisebb szigetcsoporthoz foglal magában. Szigetei részben vulkáni eredetűek, részben korallképződmények.
- A Spitzer űrtávcső (angolul: Spitzer Space Telescope, korábbi név: Space Infrared Telescope Facility) egy infravörös tartományban működő csillagászati műhold, az amerikai Nagy Obszervatóriumok sorozat negyedik, egyben utolsó tagja. Az SST-t 2003. augusztus 25-én indították Cape Canaveralból Delta II rakétával. Működését 2020. január 30-án fejezte be. Indítás után kapta a Spitzer nevet Lyman Spitzerről, a 20. század egyik nagy tudósáról, aki először foglalkozott egy űrtávcső gondolattal.
- A Voyager–1 az amerikai Voyager-program első űrszondája. A Földtől legtávolabb lévő űreszköz. A Voyager–1-et 16 nappal a Voyager–2 után indították 1977. szeptember 5-én Cape Canaveralból. Meglátogatta a Jupitert és a Szaturnuszt, és ez az első űreszköz, amelyik részletesen fényképezte e két bolygó holdjait. A Voyager–2 küldetése során megközelítette mind a négy óriásbolygót. Az Uránusz és a Neptunusz vizsgálatát a kiterjesztett küldetés keretében végezte.
- A két határfelület, a „Termination Shock” és a heliopauza közötti 27 csillagászati egység távolságot a Voyager–1 közel 8 év alatt tette meg.
- Explorer–18 vagy más néven IMP–1 műhold.
- A lökéshullámok elterjedésével és további észleléseivel kapcsolatban bővebb információk találhatóak többek között Gáspár András, Kereszturi Ákos, Kovács József és Pál Bernadett ismeretterjesztő cikkeiben (csillagaszat.hu).
- A Manhattan terv (Manhattan Project) a második világháborúban az atomfegyver kifejlesztésére szolgáló közös vállalkozás, amelyben az Amerikai Egyesült Államok, Nagy-Britannia és Kanada vett részt.
- További információ itt található: <https://www.ile.osaka-u.ac.jp/eng/facilities/lfex/index.html>

Porkoláb Imre* – Hennel Sándor** – Hegedűs Ernő***

A Védelmi Innovációs Kutatóintézet, a NATO DIANA és a hazai védelmi célú innováció új rendszere

I. rész

BEVEZETÉS

2016-tól, a Zrínyi Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében megkezdett beszerzéseknek köszönhetően megkezdődött egy teljesen új generációhoz tartozó haditechnikai eszközpark beáramlása a Magyar Honvédségbe, amellyel egyidőben elkezdődött a hazai hadiipari kapacitások korábbi időszakhoz képest fokozott ütemű létrehozása is. E folyamat során Magyarország deklarált célja az volt, hogy 2030-ra a térség egyik meghatározó katonai erejével, és ahhoz kapcsolódóan, regionális szinten a legjelentősebb védelmi ipari bázissal rendelkezzen.

A hazai haderőfejlesztési program egyszerre tűzte ki célként a haderő haditechnikai korszerűsítését (modernizációt), és a magyar haderő képességfejlesztését (innováció). Éppen ezért szükséges a múltban alkalmazott kutatás-fejlesztési rendszerek újraértelmezése és egy innováció fókuszú, rendszerszintű megközelítést lehetővé tevő szemléletmód elterjesztésére a haderőben, valamint a nemzeti védelmi innovációs ökoszisztémában. A hazai védelmi innováció célja, hogy minél nagyobb mértékben hazai fejlesztésű termékekkel és szolgáltatásokkal lássa el a Magyar Honvédséget és ennek eredményeként növelje a hazai védelmi ipar és a gazdaság teljesítőképességét, míg a képességfejlesztés által az MH személyi és technikai állományának harc- és túlélőképességét.

A Védelmi Innovációs Kutatóintézet Nonprofit Zrt. (VIKI) Budapesten jött létre 2023. február 27-én. [1] [2] Ezzel – a hazai ha-



ditechnikai kutatás-fejlesztés mintegy évszázados előtörténetének szerves folytatásaként, ám mégis gyökeresen új formában – létrejött a hazai védelmi célú innováció új rendszere, amelynek bemutatására törekszik ez a tanulmány.

Napjaink kiszámíthatatlan politikai, gazdasági és társadalmi viszonyai között megengedhetetlen biztonsági kockázatokkal járna, ha Magyarország lemaradna a haderő fejlettsége, felszereltsége, és legfőképpen az alkalmazott hadviselési módszertan, vagyis összességében a haderő képességfejlesztésének területén. Ahhoz, hogy fenntartható stratégiai versenyelőnyre tegyünk szert, a jelen kor dinamikus változó viszonyai között alapjában véve három stratégiai kihívásra kell a haderő innovációs megközelítésével választ találni.

1. Magyarország stratégiai jövőképeinek középpontjában a hálózatok kialakítását megcélzó rendszerek állnak. Ahhoz, hogy hazánk a következő évtizedben elkerülje a közepes jövedelmű országok csapdáját, a *konnektivitáson*, vagy más néven az összekapcsoltságon alapuló gazdasági stratégiát kell követnie. Magyarország fejlődési útja, hogy az Európai Unió és a NATO tagjaként a Nyugat kötelékében integrációra és interoperabilitás kialakítására törekedjen, ugyanakkor ezeken az országokon kívül is minél több országgal és piaci szereplővel kapcsolatot kell, hogy teremtsen a világ minden tájáról. Ehhez a stratégiai megközelítéshez a védelmi innováció kiváló eszközöket kínál, de meg kell vizsgálni, hogy ezek közül az eszközök közül, hazai viszonyok között melyek a leghatékonyabbak.
2. A gyorsan változó globalizált világ, a technikai fejlesztések felgyorsult üteme, és nem utolsósorban a biz-

ÖSSZEFOGLALÁS: A 2023-ban felállított Védelmi Innovációs Kutatóintézet (VIKI) célja a már meglévő hazai és nemzetközi innovációs ökoszisztéma-rendszer – az egyetemek, a kutatóintézetek, a laboratóriumok, a kis- és közepes vállalkozások, valamint a Honvédelmi Minisztérium – összekapcsolása a védelmi célra is fordítható duális célú kutatások leghatékonyabb megvalósítása érdekében. A VIKI egyik legfontosabb nemzetközi együttműködő partnere a NATO DIANA szervezete, amely kettős hasznosítású technológiák fejlesztésének céljából elsősorban a KKV-kat fejleszt.

KULCSSZAVAK: kutatás-fejlesztés, védelmi célú innováció, hazai védelmi ipar, Védelmi Innovációs Kutatóintézet, NATO Észak-Atlanti Védelmi Innovációt Ösztönző Mechanizmus

ABSTRACT: The Defence Innovation Research Institute (VIKI), to be established in 2023, will aim to link the existing national and international innovation ecosystem - universities, research institutes, laboratories, small and medium-sized enterprises - and the Ministry of Defence, in order to best deliver dual-purpose research that can be used for defence purposes. One of VIKI's main international cooperation partners is NATO's DIANA, which aims to develop deep tech startups and companies in order to facilitate a dual-use technology development throughout the Alliance.

KEY WORDS: research and development, defence innovation, domestic defence industry, Defence Innovation Research Institute, NATO Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic

* Dandártábornok, PhD, a HM védelmi innovációért felelős miniszteri biztosa ORCID:0000-0003-1407-0678

** Alezredes, PhD, Védelmi Innovációs Kutatóintézet. ORCID: 0000-0002-1923-3432

*** Alezredes, PhD, NKE Hadtudományi és Honvédtisztoképző Kar, Haditechnikai Tanszék, adjunktus. ORCID: 0000-0001-8457-5044



tonsági környezetet alapvetően befolyásoló változások olyan problémákat generálnak, amelyek megoldása a tradicionális „ahogy szoktuk” módszerekkel nem lehetséges, így új és innovatív megoldások szükségesek. Az EU átlagához mérve, a magyar innovációs teljesítmény a prognosztizáltnál lassabb javulást mutat. A védelmi célú, valamint a katonai és civil kettős hasznosítású, úgynevezett „dual use” eszközök fejlesztése, és gyorsított alkalmazása a haderőben nemcsak a harcképességet növeli, de összességében gazdaságélénkítő hatást is kifejt, és a high-tech eszközök fejlesztése révén javítja hazánk versenyképességét. [3] Ezen a területen el kell tudni dönteni, hogy milyen területekre fókuszálunk, hiszen egy viszonylag kis ország nem engedheti meg magának, hogy széttagolja az amúgy is szűkös erőforrásait.

3. A haderő képességfejlesztése kapcsán alapvető kérdésként merül fel, hogy milyen védelmi innovációs környezetet rendelünk annak fejlesztési folyamataihoz? A folyamatban lévő haderő-modernizáció egyben lehetőség is, hiszen a haderő szerepe ismét felértékelődőben van, és történelmi kötelességünk is, hogy generációs ugrást hajtsunk végre a tudásbázis megújítása, valamint a technológiai felszerelés innovatív alkalmazása területén. Ehhez az szükséges, hogy a modernizáció (beszerzési rendszerek) mellett egy azzal párhuzamos, képességfejlesztésre és innovációra szakosodott rendszert is felépítsünk, hiszen csak ezek együttes alkalmazásával lehet a politikai és katonai felső vezetés számára a megfelelő döntéseket a hadfelszerelések beszerzése és rendszerbe állítása tekintetében előterjeszteni.

Összességében tehát a védelmi innovációs stratégia megvalósítása során növelni kell a stratégiai előrelátást és határozott fókuszra van szükség. Nagyobb befolyásra kell szert tenni hálózatok építésével, illetve képessé kell válni a képességfejlesztés tempójának növelésére. (1. ábra)

A védelmi innovációs stratégia feladata, hogy olyan innovációs környezetet hozzon létre, amelyben egyszerre jelennek meg a szervezetet, az abban szolgálatot teljesítő embereket, valamint a technikát-technológiát érintő kihívá-

sokra adott válaszok. Ezen stratégiai célkitűzések érdekében a Védelmi Innovációs Kutatóintézet elsődleges feladata a magyar haderő képességfejlesztéseinek fókuszterületeit támogatva, szövetségek létrehozásával közreműködni egy ütőképesebb haderő létrehozásában. A VIKI – amellett, hogy működésével támogatja a magyar haderő képességfejlesztéseit – gazdaságélénkítő szereppel is bír a hazai polgári és katonai célra is alkalmazható technológiák feltérképezésével, illetve fejlesztés-támogatásával. A VIKI a hazai védelmi innovációs folyamatok egy részét nemzetközi környezetbe helyezi (miközben a haditechnikai kutatás-fejlesztés egyes rész- és szakfeladatait a Magyar Honvédség a VIKI-vel szorosan együttműködő haditechnikai kutatás-fejlesztésért felelős szervezeti eleme biztosítja).

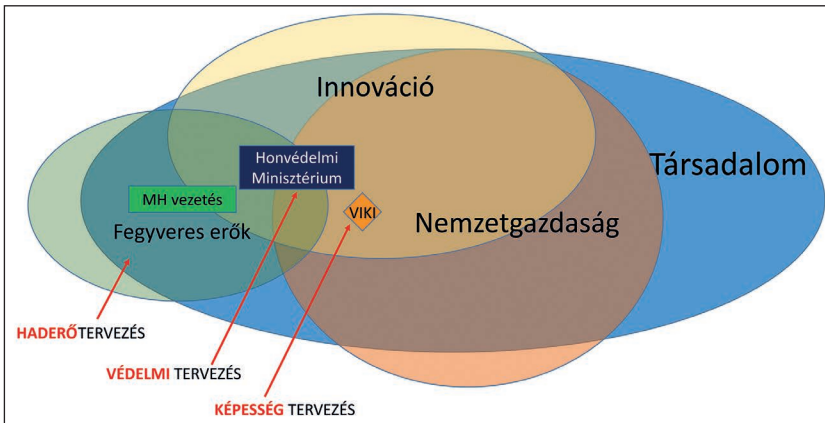
Tanulmányunk célja, hogy bemutassa ezeket a nemzetközi kapcsolódási lehetőségeket, ezen belül is elsősorban a NATO védelmi ökoszisztémába történő kapcsolódási pontokat és lehetőségeket. Egy későbbi publikációnkban tervezük a védelmi innovációs ökoszisztéma hazai kapcsolódási lehetőségeinek kifejtését, az egyetemekkel, kutatóintézetekkel, kisebb ipari szereplőkkel való együttműködési lehetőségeit. Jelenleg a figyelem a NATO felforgató technológiákra adott válaszára irányul. [4] Azon belül is a nemrégiben megalakult NATO DIANA (Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic – Észak-Atlanti Védelmi Innovációt Ösztönző Mechanizmus) szervezet került a fókuszba; annak hazai védelmi innovációval kapcsolatos relációját ismertetjük részletesen. [5] [6] [7] Magyarországnak, mint a NATO szövetséges tagországnak, biztonságpolitikai, gazdasági és védelmi innovációs szempontból is érdeke a DIANA kockázati tőkealapjaként is szolgáló, NATO Innovációs Alap (NATO Innovation Fund – NIF) megalakításának támogatása, amelyre a 2022. június 29–30. között megrendezett madridi NATO-csúcstalálkozón került sor. [8]

A HAZAI VÉDELMI INNOVÁCIÓS RENDSZER

A hazai konzorciumok alakításában és a különböző szereplők közötti koordinációban fontos szerep jut a VIKI-nek, a jellemzően polgári kutatókat foglalkoztató, a Honvédelmi

1. ábra. A védelmi innovációs stratégia céljai és pillérei (Forrás: Védelmi Innovációs Kutatóintézet)





2. ábra. Nemzeti szinten jelentkező védelmi innovációs tervezési szintek (Forrás: Védelmi Innovációs Kutatóintézet)

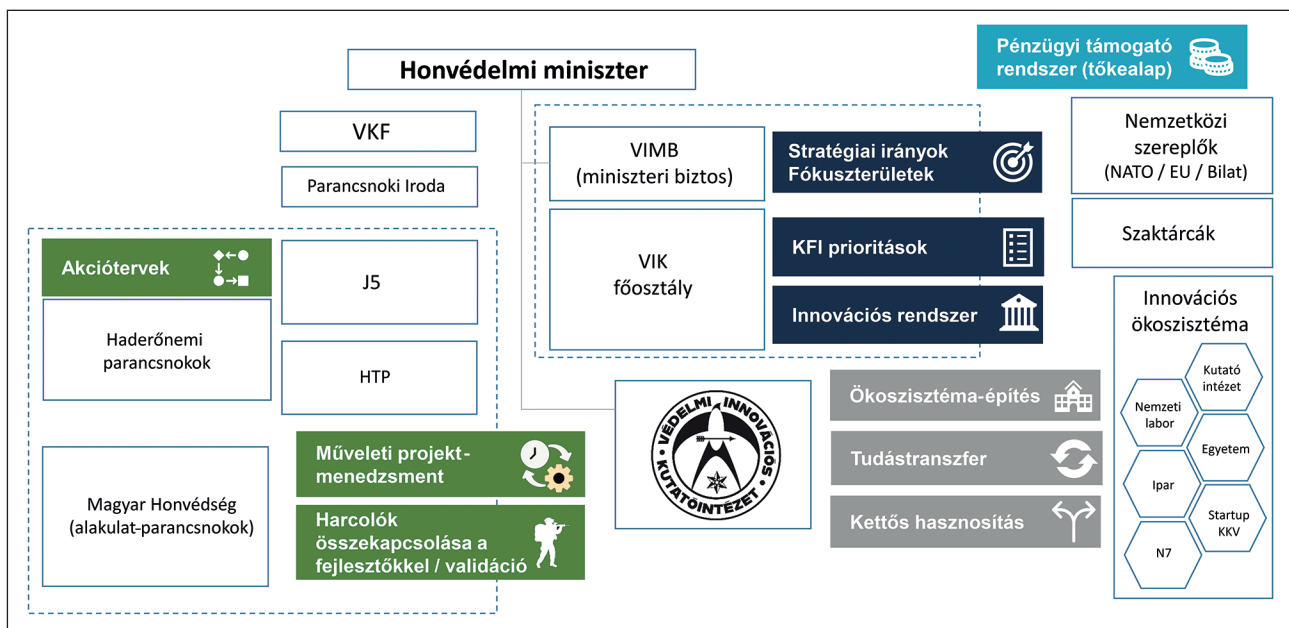
Minisztérium felügyelete alatt működő intézménynek. Tudásmenedzsment tevékenysége során a hazai cégek segítségére törekszik a Magyar Honvédséggel való hatékony együttműködés érdekében. [9] A VIKI azonban nem légtüres térben hajta végre feladatát, hanem egy innovációs rendszer részeként, amelynek elemeit elkülönülten, és a lehető legmagasabb döntéshozói szintre közvetlenül bekövetve szükséges működtetni. Az egyes rendszerelemeknek képesnek kell lenniük a hazai innovációs ökoszisztéma már létező elemeivel való együttműködésre, illetve a nemzeti és nemzetközi célkitűzésekben meghatározott irányvonalakat kell támogatniuk. [10]

A védelmi innováció rendszerlemeinek létrehozásakor azt is figyelembe kell venni, hogy a képességfejlesztés különböző szinteken valósul meg. A haderótervezés folyamata elsősorban a Magyar Honvédség keretein belül zajlik; a védelmi tervezés a Honvédelmi Minisztérium felelőssége, míg a képességtervezés és a design a Honvédelmi Minisztérium, valamint egyéb szaktárcák, és a teljes innovációs ökoszisztéma összefogásán alapul. Sikeres képességfejlesztést csak egymással összehangoltan tudnak biztosítani a szervezeti elemek. (2. ábra)

Az innovációs folyamat támogatása érdekében tehát olyan szervezeti elemek létrehozása szükséges, amelyek elősegítik és támogatják a védelmi innovációs módszerek alkalmazását, végső soron a haderő gyorsabb ütemű, költséghatékonyabb fejlesztését és a szervezeti kultúra átalakítását. (3. ábra)

- A legmagasabb szinten szükség van egy, a szaktárcák tevékenységét összefogó *stratégiai tanácsadó szervezeti elemre* (jelenleg ezt a funkciót a védelmi innovációért felelős miniszteri biztos titkársága tölti be) amely a honvédelmi miniszter számára lehetőséget biztosít az ágazatok közötti tevékenységek összehangolására, a védelmi szektoron kívüli tapasztalatok átvételére, illetve a változási folyamatok és a technológiai fejlődés tempójának felgyorsítására a haderő szervezeti kultúrájának átalakítása érdekében.
- *Dedikált védelmi innovációs szervezeti elemek* létrehozása is szükséges. A HM Védelmi Innovációs és Képességfejlesztési Főosztály feladata elsődlegesen a K+F+I prioritások meghatározása, az innovációs feladatok tárcán belüli koordinációja, valamint az innovációval foglalkozó MH szakmai szervezetek hosszú távú feladatainak meghatározása. A Magyar Honvédség szervezetében az MH Haderómodernizációs és Transzformációs Parancsnokság tölt be kiemelkedő szerepet, amelynek fő feladatai a védelmi innovációs stratégia alapján megvalósítandó terv operatív feladatainak menedzselése, a végfelhasználók összekapcsolása a fejlesztőkkel, a rendszeresítésre vonatkozó feladatok támogatása, az MH kutatólaboratóriumok napi szintű feladatainak menedzselése, valamint a jövőbeni trendek alapján várható operatív katonai feladatok elemzése.
- Ezen felül szükséges egy *integrátor és összekötő szervezeti elem biztosítása* is. A 2023. februárjában létreho-

3. ábra. Védelmi innovációs rendszerlemek (Forrás: Védelmi Innovációs Kutatóintézet)



zásra került Védelmi Innovációs Kutatóintézet Nonprofit Közhasznú Zrt. (VIKI) a HM háttérintézményeként a honvédelmi miniszter, mint tulajdonosi joggyakorló felügyelete alatt, a már azonosított ötletek megvalósítására, illetve a partnerségre kiszemelt szervezetekkel történő együttműködésre fókuszál.

ÖSSZEZÉS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A védelmi innováció fejlesztése Magyarország nemzeti biztonsági érdeke, mivel csökkenti a nemzet importfüggőségét, növeli az ellátásbiztonságot, és hazai fejlesztésű eszközökkel képes korszerűsíteni az alkalmazásra kerülő védelmi eszközöket.

A védelmi innovációs rendszer biztosítja, hogy a védelmi ipar a lehető legnagyobb arányban hazai fejlesztésű és gyártású termékekkel lássa el a Magyar Honvédséget, illetve, hogy a fejlesztésekbe bevonja a katonákat (hadmérnökök, illetve végfelhasználók) és ajánlásokat fogalmazzon meg a modern eszközök rendszeresítése, illetve alkalmazása érdekében. Ezen felül egy hatékonyan működő védelmi innovációs rendszer támogatja a védelmi ipar kapacitásainak létrehozását és fenntartását, valamint hozzájárul az ország exportképességének növeléséhez is.

A védelmi innováció a kormányzat kezében tehát egy stratégiai eszköz, amely a védelmi ipar fellendítése érdekében a nagyipari szereplőket összekapcsolja a kis- és közepes vállalatokkal, valamint az akadémiai szektorral, egyetlen védelmi innovációs ökoszisztéma keretében.

Összességében a hazai védelmi innováció és a hadiipar olyan hazai termékek fejlesztését eredményezi, amelyek itthoni gyártása és rendszeresítése, egy esetleges konfliktus esetén a nemzetbiztonsági érdekből fontos eszközök zavartalan utánpótlását biztosítja.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Létrejött a Védelmi Innovációs Kutatóintézet. Honvedelem.hu, 2023. február 27., <https://honvedelem.hu/hirek/letrejott-a-vedelmi-innovacios-kutatointezet.html> (Letöltve: 2023.3.29.);
- [2] Védelmi Innovációs Kutatóintézet Nonprofit Zrt. <https://www.opten.hu/vedelmi-innovacios-kutatointezet-nonprofit-zrt-c0110142269.html> (Letöltve: 2023.3.6.);
- [3] Takács Vivien. Hazai fejlesztésű eszközökkel a magyar katonák harcképességéért. Honvedelem.hu, 2023. március 6., <https://honvedelem.hu/hirek/hazai-fejlesztesu-eszkozokkal-a-magyar-katonak-harckepessegeert.html> (Letöltve: 2023.3.6.);
- [4] Emerging and disruptive technologies. NATO E-Library, https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_184303.htm (Letöltve: 2021.6.18.);
- [5] 1308/2022. (VI. 28.) Korm. határozat a NATO Észak-atlanti Védelmi Innovációt Ösztönző Mechanizmus kezdeményezés nemzeti képviselői és hatósági feladataihoz és a magyarországi tesztközpont kialakításához kapcsolódó feladatokról 959. o.;
- [6] Porkoláb Imre, Hónich Artúr. A NATO útja a DIANA létrehozásáig és főbb fókuszterületei a védelmi innováció keretében. Honvédségi Szemle 149. évf. (2021) 6. szám, 20–35 o. <https://doi.org/10.35926/HSZ.2021.6.2;>

- [7] Látogatás az USA védelmi innovációs szervezeteinél. Honvedelem.hu, 2023. március 19., <https://honvedelem.hu/hirek/latogatas-az-usa-vedelmi-innovacios-szervezeteinél.html> (Letöltve: 2023.3.29.);
- [8] A Kormány 1309/2022. (VI. 28.) Korm. határozata a NATO Innovációs Alaphoz való csatlakozásról és kapcsolódó feladatokról;
- [9] Petróczy Levente, Innovációk a haderőfejlesztésért. Honvedelem.hu, 2022. december 27., <https://honvedelem.hu/hirek/innovaciok-a-haderofejlesztesert.html> (Letöltve: 2022.12.27.);
- [10] Porkoláb Imre. Az innováció hatása a hadviselésre. Hadtudomány 26. évf. (2016), 1–2. szám, 19–28 o., <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2016.26.1-2.19>.

A posztermellékletben szereplő Airbus H225M típusú közepes szállító helikopter harcászati-műszaki jellemzői

Harcászati-műszaki jellemzők	H225M
Törzshosszúság [m]	19,5
Forgószárnyátmérő [m]	16,2
Magasság [m]	4,97
Tehertér mérete [m]	5,95×1,8×1,45
Tehertér térfogata [m ³]	15,5
Üres tömeg [kg]	5715
Maximális felszállótömeg [kg]	11 000
Külső függesztés [kg]	4750
Belső terhelhetőség [kg]	4750
Utazósebesség [km/h]	262
Maximális sebesség [km/h]	324
Hajtómű-teljesítmény [kW / LE]	2×1784 / 2×2390 30 mp
Hatótávolság [km]	920
Hatótávolság belső póttartállyal [km]	1253
Csúcsmagasság [m]	6000
Személyzet [fő]	1, 2, vagy 3
Szállítható katonák száma [fő]	28
Fegyverzet	70 mm-es NIR, 12,7 mm-es, 20 mm-es géppuska, függeszthető géppuskakonténer

Szerényi-Salamon Tímea* – Somogyi Zoltán**

A Magyar Honvédség légi tűzoltó képességének fejlesztési lehetőségei



1. ábra. A SEI Bambi Bucket BB5566 típusú légi tűzoltó eszköz leeresztő szelepének működéspróbája az MH 47. bázisrepülőtéren, Pápán (Fotó: MH 47. bá. reptér archív)

BEVEZETÉS

A légi tűzoltás kezdetleges formája már a motoros repülés korszakának lelegején megjelent. Az első légi tűzoltást 1918-ban, az első dokumentált légi erdőtűz oltását 1930-ban hajtották végre, mindkettőt az Amerikai Egyesült Államokban. A légi tűzoltás hatékonyságának növelésére már az 1950-es években megkezdődtek a rendszeres kísérletek, amelyek bizonyították, hogy repülőgépek alkalmazásával hatékony eszköze találtak az erdőtűzek oltásáért felelős szakemberek. [1; 33. o.] A nagy kiterjedésű erdőtűzek oltása esetén, a modern tűzoltás taktikája megköveteli a légi tűzoltás alkalmazását, hiszen így hatékonyabbá válik természeti értékeink védelme, a tűz tovább terjedésének megakadályozása. A tűzoltás légi támogatása az oltási tevékenységen túl magába foglalja az oltás megkezdése előtti felderítést, a földi egységek szállítását, logisztikai támogatását, az esetleges kutató-mentő feladatokat, illetve a

tűz eloltása után infra- és hőkamerákkal hatékonyan felderíthető, lappangó tűzfészkek megelérését.

Magyarországon az 1990-es években alkalmaztak először légi járművet tűzoltási feladatokra. Az azóta eltelt időben számtalanszor bizonyította létjogosultságát a Magyar Honvédség légi tűzoltási képessége. Ha csupán a múlt évre tekintünk vissza, júliusban Szlovéniában, majd augusztusban hazánkban két helyszínen is szükség volt a honvédség Mil Mi-17-es helikoptereinek tűzoltó kapacitására. Pécssett a lakott terület veszélyeztetettsége, míg a táborfalvai esetben a tűz majdnem 700 hektáros kiterjedése indokolta a helikopterek bevetését.

Ha előre tekintünk, és hiszünk az egyre inkább valósággá váló előrejelzéseknek, az éghajlatváltozás egyik hatásaként várható magasabb hőmérséklet következtében kialakuló, hosszabb aszályos időszakok az erdőtűzek számának és intenzitásának gyors növekedését hozhatják. A nagy kiterjedésű erdőtűzek esetén a földi tűzoltó erők munkája a külső körülmények kedvezőtlen alakulása miatt akár hatástalan is lehet, ilyenkor megnövekedhet a jelentősége a légi tűzoltásnak. A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében beszerzett Airbus H145M és H225M típusú helikopterek, valamint az Embraer KC-390 típusú repülőgép bázisán lehetővé válhat a légi tűzoltási kapacitás kiépítése.

A LÉGI TŰZOLTÁS TECHNIKAI ALAPJAI

A légi tűzoltás fő célja az oltóanyag leghatékonyabb, leggyorsabb célba juttatása. A légi tűzoltás technikai hátterének megértésében három egyszerű kérdésre adott válasz segíthet:

1. Mi legyen az oltóanyag?
2. Mi legyen az oltóanyag szállítására és kijuttatására alkalmazott szerkezet?
3. Mi legyen a szállítójármű?

Az első és legfontosabb a tűzoltásra használt anyagok megismerése, mivel a későbbiekben látható, hogy a különféle anyagok eltérő eszközígénnel rendelkeznek a szállí-

ÖSSZEFOGLALÁS: A vegetációtűzek gyakoriságának és intenzitásának várható növekedésével számolva, fontos cél hazánk légi tűzoltó képességének folyamatos biztosítása, amit jelenleg a Magyar Honvédség Mi-17 típusú helikopterei nyújtanak. Miután a Mi-17-esek néhány éven belül elérik üzemi életük végét, fontos feladat a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében beszerzett Airbus H145M, és H225M helikopterek, továbbá az Embraer KC-390 Millennium repülőgépek tűzoltásra való alkalmasságának vizsgálata.

KULCSSZAVAK: légi tűzoltás, Mi-17, H145M, H225M, KC-390, Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program

ABSTRACT: Given the expected increase in the frequency and intensity of vegetation fires, an important objective is to ensure the continued airborne firefighting capability of our country, which is currently provided by the Mi-17 helicopters of the Hungarian Defence Forces. As the Mi-17s will reach the end of their service life in a few years, an important task will be to assess the firefighting capability of the Airbus H145M and H225M helicopters, as well as the Embraer KC-390 Millennium aircraft, which were purchased under the Defence and Military Development Program.

KEY WORDS: airborne firefighting, Mi-17, H145M, H225M, KC-390, Defence and Military Development Program

* Rendőr százados, Készenléti Rendőrség, Kiképzési és Módszertani Osztály, kiemelt főelőadó. ORCID: 0000-0002-0204-5566

** Tűzoltó százados, MSc, BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. ORCID 0009-0007-3353-5107



táshoz és kijuttatáshoz. A légi tűzoltás során használhatunk vizet, habot vagy égésgátló anyagokat. A leggyakrabban és legnagyobb mennyiségben alkalmazott oltóanyag a víz, amely olcsó, könnyen hozzáférhető, ökológiailag semleges, azonban oltóhatása bizonyos esetekben korlátozott. Magas intenzitású erdőtüzeknél, például lombkoronaégés esetén a tűz hőenergiája többszörösen meghaladhatja az odajuttatható víz hőelvonó képességét, így az oltás hatásatlanná válhat. Az ilyen magas intenzitású erdőtüzeknél elkerülhetetlen a víz oltóhatásának, vagy tűzgátló hatásának növelése.

A víz oltóhatásának növelése habképző anyag hozzáadásával történik. A habképző anyag fizikai és kémiai tulajdonságai miatt a víznél nagyobb mértékű hűtőhatást képes kiváltani, emellett a takaróhatás következtében tovább nő az oltás hatékonysága. Mivel nagy mennyiségben a természetbe juttatott anyagról beszélünk, fontos a környezetvédelmi szempontok figyelembevétele is. A modern protein- és szintetikus alapú habok gyártói nagy hangsúlyt fektetnek a káros környezeti hatások kiküszöbölésére, ezért az összetevők nagy része önmagától lebomlik. A fennmaradó rész, elsősorban a fluorvegyületek egyes tanulmányok szerint károsíthatják a környezetet, ezért a felhasználás módját és helyszínét körültekintően kell kiválasztani. [2]

Az égésgátló anyagok vízalapú keverékek, amelyeket úgy terveztek, hogy változtassanak a tűz égési módján, csökkentve a tűz intenzitását és még az eredetileg bennük lévő víz elpárolgása után is lassítsák a tűz előrehaladását. Az égésgátló anyagok körülbelül 85% vizet, 10% ammónium-sókat (általában ammónium-foszfát műtrágya) és 5% egyéb összetevőket (színezőanyagok, korróziógátlók, sűrítőszerként természetes gumit vagy agyagot, stabilizátorokat és baktériumölő szereket) tartalmaznak. [18] Az égésgátlókban található víz az oltóhatás mellett arra szolgál, hogy segítse az anyag egyenletes eloszlását a célterületen. Az égésgátló anyagok láthatóságát színezőanyagok (főként vas-oxid) hozzáadásával fokozzák, ez a pilótáknak és a földi tűzoltóegységeknek egyaránt vizuális segítséget nyújt.

A második kérdésre, amely szerint: mi legyen az oltóanyag szállítására és kijuttatására alkalmazott szerkezet, a válasz már valamelyest összetettebb. A légi járműveken alkalmazott eszközök tekintetében megkülönböztethetünk nyitott és zárt tartályos szerkezeteket, továbbá a tartály elhelyezésének módja szerint külső és belső tartályos rendszereket.

A legegyszerűbbek a külső, felül nyitott tartályos tűzoltó-szerkezetek. A család legismertebb tagja a Bambi Bucket. A Bambi Bucket technológiát 1982-ben fejlesztette ki a kanadai Don Arney mérnök és a SEI Industries Ltd. A márkanevé mára fogalomná vált, 115 országban több mint 1000 helikoptert üzemeltető szervezet alkalmazza. [3] A Bambi Bucket egy erős oldalfalú, félmerev műanyag zsák az alján elhelyezett mechanikus vagy elektromos nyitómechanizmussal, amelyet változatos méretekben és színekben gyártanak. Magát az eszközt külső függesztményként szállítja a helikopter – nevéhez illően, mintha csak egy vödröt szállítana. A terméket 14 féle méretben gyártják 270–9800 literes befogadóképességgel. A zsák vízzel történő megtöltése többségében merítéssel, mesterséges vagy természetes állóvizekből történik, de számos változatot szerelnek beépített gyorsított snorkel szivattyúval, amely segítségével akár 45 cm mélységű vízforrásból is feltölthető a tartály. A Bambi Bucket külső és belső habképzőanyag-tartállyal is elérhető. A Magyar Honvédség a Mi-17 típusú helikopterekhez a 2500 literes, BB5566 típusú passzív feltöltéses változatot (3. ábra) alkalmazza,



2. ábra. A Bambi Bucket belső szerkezete
(Fotó: MH 47. bá. reptér archív)

amelyeket a kelet és nyugat magyarországi kutató-mentő bázisokon tárolnak, hiszen a Duna középvezetékétől keletre a szolnoki bázisról, míg a nyugati szektorba Pápáról szállíthat fel forgószárnyas repülőeszköz. A Veszprém melletti hajmáskéri lőtérén tartott éleslövészetek során sok esetben a pápai kutató-mentő helikopter ad tűzoltó készenléte. A lőtérre kitelepült repülőeszköz riasztás esetén tüzet olt, vagy egyéb kutató-mentő feladatra indul. [4]

A nyitott tartályos rendszerek, így a Bambi Bucket is számos előnnyel rendelkezik, ezek közül legfontosabb az alacsony beszerzési ár és karbantartási költség, a kis súly és a széles körű oltóanyag-kompatibilitás. A tartály a helyszínen gyorsan és egyszerűen fel- és leszerelhető, ezzel lecsökken a beavatkozás megkezdéséig eltelt idő, ezenkívül a saját elektromos kioldórendszere miatt nem igényel átalakítást a hordozó helikopteren. A számos kedvező tulajdonság mellett nem feledkezhetünk meg a nyitott-tartályos megoldás hátrányairól sem. A nagy tömegű, akár 20 méternél hosszabb kábelben lógó külső függesztmény kilengése és légellenállása csökkenti a helikopter sebességét, nagymértékben rontja a repülési tulajdonságait és a dobási pontosságot, valamint a felül nyitott kialakítás miatt, akár 30%-os szállítási veszteség is lehetséges. A csökkent repülési sebesség miatt megnövekedett fordulóidő, a szállítási veszteséggel összeadódva jelentősen csökkenti az oltókapacitást. [1; 36. o.] További hátránya a rendszernek, hogy a felül nyitott tartály üresen mintegy fékezőernyőként működik, továbbá a hosszú függesztőkábel könnyen beleakadhat elektromos vezetékekbe, tereptárgyakba.

A zárt, külső hastartályos megoldások a helikopteres tűzoltás eszközei (2. ábra). Itt egy komplett egységbe építve található a víz- és habtartály, a feltöltőszivattyú és a szívótömlő. A tartályok befogadóképességét csak a helikopter maximális teherbíróképessége szabja meg. A tartály feltöltését a helikopter a vízforrás felett függésben, a 3-5 méteres szívótömlő végébe épített szivattyú segítségével, a tartály befogadóképességétől függően 20–50 másodperc alatt végzi el. Az oltóanyag kidobása gravitációs úton, a hastartály alján elhelyezett nagyméretű ajtók segítségével történik. A zárt külső hastartályos rendszer előnye, hogy a nagyobb repülési sebesség mellett rövidebb fordulóidők érhetőek el; szállítás közben minimális az oltóanyag-veszteség, továbbá sűrűn beépített, városi környezetben is alkalmazható. Az elterjedésüket korlátozza a magasabb beszerzési ár; a nyitott tartályhoz képest nagyobb karbantartási igény; a szivattyú elektromos táplálásához szükséges átalakítások; a tartály elhelyezése miatti csökkent hasmagasság, valamint a gyors bevetést hátráltató felsze-



3. ábra. A CAL FIRE S-70i Firehawk helikopterére szerelt külső tartály [19]

relési idő. Az ilyen rendszerrel szerelt helikopterek esetén igen gyakori a turbulens körülmények miatt a szivattyú kilingése okozta sérülés a gép farokrészén. [15]

A nagyobb teherbírású légi járművek szállítóképességének kihasználása érdekében fejlesztették ki a zárt belső tartályos tűzoltó rendszereket. Ezek helikoptereken és merevszárnyú repülőgépeken egyaránt alkalmazhatók. A tartályok lehetnek merevfalú, félmerev, vagy felfújható-puhafalú kialakításúak. A kisegítő berendezések, mint például a szivattyú, a légsűrítő, a habtartály, az elektromos rendszerek, típusától függően a jármű rakterében vagy külső függesztményként kapnak helyet. Az utántöltés a fentebb ismertetett megoldásokhoz hasonlóan saját szivattyúval, vagy, főként a repülőgépeknél – ahol a tartály mérete akár a 40 köbmétert is elérheti –, külön földi oltóanyagkeverőtöltő berendezéssel történik. Az oltóanyag kidobása történhet nyitott raktérajtón át kivezetett sugárcsővön, vagy a gép törzsének kisebb-nagyobb átalakításával létrehozott nyílásokon. Előny, hogy az oltóanyagot nagy mennyiségben, koncentráltan, és viszonylag nagy pontossággal lehet tűz környezetébe juttatni, cserébe számolhatunk a rendszer bonyolultsága miatti magas beszerzési és üzemeltetési költségekkel. Az ilyen rendszerek beépítése az eredetileg más célra használt gépekbe viszonylag időigényes, és az alapkonfigurációhoz képest átalakítást igényel. A helikopterek esetén az oltóanyag utántöltése történhet közeli természetes vízforrásól is, ám a repülőgépek a fel- és leszállás miatt repülőtérhez kötődnek, azok gyors utántöltése a kárterület közelében korlátozottan lehetséges.

A MAGYAR HONVÉDSÉG ÚJ REPÜLŐESZKÖZEINEK LÉGI TŰZOLTÓ KÉPESSÉGE

A harmadik, még megválaszolatlan kérdésre feleletül számtalan repülőgépet vagy helikoptert említhetünk, de hazánk szempontjából a Mil Mi-17 helikopterek és a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében Magyar Honvédség által beszerzett Airbus H145M, a közeljövőben megérkező H225M helikopterek, valamint az Embraer KC-390 Millennium repülőgépek tűzoltásra való alkalmasságának vizsgálata jöhet szóba.

Légi tűzoltásra Magyarországon napjainkban kizárólag a Mi-17-es közepes szállító helikoptert alkalmazzák, a rendszeresített 2500 liter befogadóképességű Bambi Buckettel felszerelve (4. ábra). Az 1990-es években gyártott Mi-17-es forgószárnyasok néhány évvel ezelőtt átesetek a nagyjavításra, amely további 8 évnyi javításközi üzemidőt biztosít,



4. ábra. Egy Mil Mi-17-es helikopter Bambi Buckettel felszerelve (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / Rácz Tünde)

azonban amint eléri élettartamuk végső határát, szükség lesz az általuk biztosított tűzoltóképesség pótlására. Fontos információ, hogy a három új légi jármű-típus egyaránt szóba jöhet lehetséges utódként a légi tűzoltás területén.

A már rendelkezésre álló húsz darab H145M helikopterhez hazánkban még nem rendszeresítettek tűzoltófelszerelést. Mivel a repülőeszköz 1696 kg hasznos terhet szállíthat, és a külső függesztési pont teherbírása 1600 kg, a legkézenfekvőbb és a felhasználás szempontjából legegyszerűbb megoldás a Németországban és Szerbiában a típushoz alkalmazott és a hazai pilóták által is ismert, Bambi Bucket beszerzése lehet. A kis méretű helikopter stabilitása, nagyobb mozgékonyasága és a rendelkezésre álló mennyisége kompenzálhatja a Mi-17 nagyobb szállítási kapacitását.[5]

A Bambi Bucket mellett a típushoz rendelkezésre áll a helikopter elődjéhez (MBB-BK 117 C2), a Simplex Aerospace vállalat által fejlesztett külső hastartályos rendszer (Simplex Model 311 Fire Attack System), amely 183 kg-os önsúly mellett 984 liter víz befogadására képes. Az áramvonalas kompozit hastartályt egy 4 méteres tömlő végébe épített szivattyú 1514 liter/perces kapacitással képes újratölteni. (5. ábra)

A rendszer része az 53 literes belső habképzőanyag-tartály, amely a habképző anyag alacsony bekeverési aránya (<0,5%) következtében akár 10-15 dobásra is elegendő lehet utántöltés nélkül. A pilóta a dobás pontosságát és az utántöltést – a korábbi modelleken használt visszapillantó tükrök helyett – kamerarendszer segítségével, köz-





5. ábra. A Simplex Aerospace Model 311 külső hastartályos légi tűzoltórendszer [13]

vetlenül a multifunkciós kijelzőn ellenőrizheti. A berendezés fel- és leszerelése nem időigényes, mintegy 30 perc alatt végrehajtható, amely a kár helyszínén lehetővé teszi a gyors beavatkozást. [6]

AIRBUS H225M

A H225M közepes szállító helikopterhez számos tűzoltó eszköz áll rendelkezésre. Ezek közül a három legelterjedtebb megoldás a számtalan típuson alkalmazott Bambi Bucket, a külső tartályos Simplex Model 316 és az Eurocopter által a Simplex, Aérzul és Rafaut cégekkel együttműködésben fejlesztett vízbombázó helikopter rendszer (Water Bombing Helicopter, WBH).

Már a Bambi Buckettel is jól kihasználhatók a helikopter képességei; a 4000 liter kapacitással is működtethető szerkezet számottevő mennyiségű oltóanyag szállítását teszi lehetővé. Mellette szól az ár és az egyszerűség, ellene a függesztménnyel történő légi manőverezés nehézségei és az alacsonyabb hatékonyság a zárt rendszerekhez képest.

A Simplex 316 felépítésében és működésében meg egyezik a H145M-en már megismert rendszerrel, csupán méreteiben van eltérés. A berendezés üres tömege 383 kg, a hastartály 2271 literes kapacitással bír, az oltóhatás növelését szolgáló habtartály 91 literes. A nagyobb mérethez

6. ábra. Egy Simplex 316 SkyCannonnal, azaz rotorkörön túlnyúló merev sugárcsővel szerelve [14]



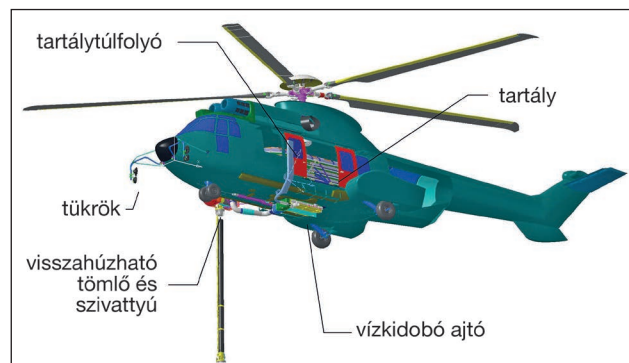
alkalmazkodva a szivattyú 3785 liter/perces kapacitásával 35 másodperc alatt tölti meg a tartályt. A víz kidobása – a tűzoltás igényeihez alkalmazkodva – a nyílások egyidejű, vagy egymást követő nyitásával szabályozható. [7] Érdekeség, hogy a rendszer kiegészíthető egy rotorkörön túlnyúló merev sugárcsővel (SkyCannon) amellyel a helikopter függésben képes pontszerű oltásra városi környezetben, például magasépületek tüzeinél. (6. ábra)

A Water Bombing Helicopter (WBH) (7. ábra) rendszer tervezésénél kiemelt figyelmet fordítottak a helikopter hatékonyságnak maximalizálására, manőverező képességének megtartására. A végeredmény a helikopteres tűzoltásra fejlesztett különböző berendezések előnyös tulajdonságait egyesíti. Az alacsony önsúlyú rendszer a gép légellenállását és egyéb repülési tulajdonságait kevésbé befolyásolja, de annak képességeit maximálisan képes kiaknázni.

A rendszer központi eleme a gép padlójában található 6. üzemanyag-tartály 320 literes rekeszébe közvetlenül beszerelhető, a kidobóajtókat, egy összekötő tölcser és az összehajtott 4000 literes puhafalú belső tartályt egységbe foglaló készlet. A belső tartályt úgy fejlesztették, hogy a fal nagyfokú rugalmassága hullámtörők nélkül is megakadályozza a benne tárolt víz manőverek közbeni mozgásait. A belső tartály merevségének további növelését segíti a padlólemezhez rögzített külső, felfújható konténer, amelynek feladata a belső tartály rögzítésén túl az esetleges szivárgások miatti víz visszatartása és kivezetése. További vízmozgást szabályozó biztonsági elem, a szintén felfújható fedőlemez. A víztartály kiürítése után, a tank külső falának leeresztése, vagy kiszereleése nélkül a helikopter a kár helyszínéről 8-10 személy kimenekítésére képes. (8. ábra) A belső tartályelrendezés nem növeli a gép légellenállását és nem kell a csökkent hasmagasság miatti sérülésektől tartani, ha a gép előkészítetlen terepen száll le.

Az elektromosan visszahúzóható szívótömlő a helikopter jobb oldalán helyezkedik el, ezáltal a pilóta közvetlenül ellenőrizheti a feltöltést. A tömlő végére szerelt szivattyú a 4000 liter vizet 80 másodperc alatt juttatja el a tartályba. A pilóta számára a tömlőre festett két sárga jelzőcsík vizuális segítséget biztosít a szivattyú merülési mélységének meghatározásában. Mivel az eszköz teljes mértékben visszahúzóható, csak elhanyagolható mértékben befolyásolja a repülési tulajdonságokat, továbbá a tömlő lengése a manőverek közben nem okoz sérülést a géptörzson és a farkokrészen. Mivel a bevetésre kerülő repülőeszközök döntő többsége nem dedikált tűzoltó helikopter, az „átfegyverzés” gyorsasága fontos tényező. A teljes konfiguráció cseréje két ember munkájával 2 óra 20 perc (a belső tartály 15 perc, a külső szivattyúelem 3 perc, a vízkidobó tölcser és az ajtók átszerelése 2 órát vesz igénybe). Mivel

7. ábra. A Water Bombing Helicopter tűzoltórendszerének felépítése [15]





8. ábra. A WBH-rendszer vészhelyzeti mentés közben [15]



9. ábra. A KC-390 a MAFFS II tesztrepülése közben [16]

a belső tartály üresen behajtogatható a padlóban található tárolórekeszbe, ezért a felfújható külső konténer kivételével nem kell kiszerezni a teljes berendezést a helikopter egyéb szállítási célú használatához. [8]

Az Airbus H225 típusú helikopterhez alkalmazott tűzoltó-rendszerek és a Mil Mi-17 helikopterek tűzoltási kapacitását összehasonlítva (1. táblázat) jól látható, hogy a WBH-rendszerrel elérhető nagyobb utazósebesség és a tartály kapacitása következtében, már kis távolságoknál is nő a fordulók száma és a szállítható oltóanyag mennyisége, azonban a hatékonyságnövekedés sokkal számottevőbb, ha növekszik a vízforrás távolsága.

A KC-390 MILLENNIUM LÉGI TŰZOLTÁSI KÉPESSÉGE

Ahogy a tűz kiterjedése és intenzitása növekszik és egyre nagyobb mennyiségű oltóanyag koncentrált kidobására van szükség, úgy növekszik a repülőgépek felhasználásának jelentősége. A Magyar Honvédség technikai eszközeinek korszerűsítése érdekében 2020 novemberében 2 db Embraer KC-390 Millennium típusú, közepes, kéthajtóműves, multifunkciós, harcászati szállítórepülőgépet rendelt meg a brazil Embraer vállalatától. 2021 novemberében a gyártó megkezdte az első Magyarországra szánt repülőgép építését. A KC-390-es sok – a tűzoltás szempontjából is fontos – kedvező tulajdonsággal rendelkezik, ilyen például a nagy teherbírás, a földközeli kis sebességű repülés közbeni stabilitás, amely elősegíti a nagy pontosságú oltó-

anyag-kidobást. A repülőgép nem szilárd burkolatú repülő-térről, akár 500–800 méter hosszúságú fel-, és leszállásra is képes, lehetővé téve a tüzesethez legközelebbi füves repülőtéren történő oltóanyag-utántöltést. A belső tér egyszerű és gyors átalakíthatósága megkönnyíti a tűzoltó-felszerelések gyors beszerelését. [9] A repülőgép fejlesztése során az Embraer kiemelt figyelmet fordított a többcélú felhasználhatóságra. A teherszállító repülőgép sokrétű katonai alaprendeltetésén túl alkalmassá tehető katasztrófavédelmi, ezen belül tűzoltási feladatokra is. (9. ábra) Ennek érdekében 2022-ben a gyártó elvégezte a már több repülőgéptípuson sikerrel alkalmazott moduláris légi tűzoltó-rendszer (Modular Airborne Fire Fighting System – MAFFS II) kompatibilitási és repülési tesztjeit, amelyek a KC-390 repülőgépet magas szintű tűzoltási képességgel ruházzák fel. [10]

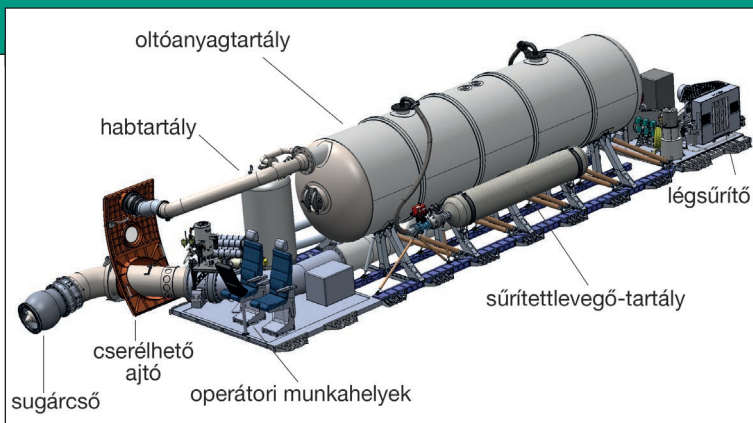
A MAFFS II három különálló egységből épül fel, amelyek különálló szabványos rakodólapon helyezkednek el. Az elsők az elektromos rendszer elemei, valamint a két légsűrítő kapott helyet. A középső rakodólapon a 11 300 liter űrtartalmú, 7 bar nyomású oltóanyagtartály és két darab 1 köbméter űrtartalmú, 100 bar nyomású sűrített levegő-tartály található. A tartály túlnyomása az oltóanyag gyors, akár 4 másodpercnél rövidebb idejű kidobását teszi lehetővé. A hátsó rakodólapon a hidraulikus rendszer elemei, a kétüléses operátori munkahely és az „S” alakú csőcsomok található. A rendszer további eleme a sugárcső kivezetésére szolgáló speciális kialakítású hátsó oldalajtó, amely lehetővé teszi, hogy a kabin túlnyomásos maradjon, meggá-

1. táblázat. A szállítható oltóanyag mennyisége helikopter, és tűzoltó eszköz típusonként

(Készítette a szerző [8] és [13] alapján.)

Helikoptertípus	Airbus H225M			Mil Mi-17
	Bambi Bucket BBHL4000	Simplex Model 316	Water Bombing Helicopter	
Tűzoltó eszköz típus	Bambi Bucket BBHL4000	Simplex Model 316	Water Bombing Helicopter	Bambi Bucket 5566
Maximális vízmennyiség [l]	4000	2271	4000	2500
A tűzoltó rendszerrel megengedett legnagyobb sebesség [km/h]	148	240	260	176
Fordulók száma 1 óra alatt (a vízforrás távolsága 1,8 km)	20	25	26	22
Fordulók száma 1 óra alatt (a vízforrás távolsága 18 km)	3	5	6	4
Maximálisan szállítható vízmennyiség óránként [l] (1,8 km távolságból)	80 000	56 775	104 000	55 000
Maximálisan szállítható vízmennyiség óránként [l] (18 km távolságból)	12 000	11 355	24 000	10 000





10. ábra. A MAFFS II rendszer felépítése (Forrás: a szerző szerkesztése a [17] alapján)

tolva a korrozív oltóanyagok bejutását a repülőgéphez. Az oltóanyag kijuttatást szolgáló sugárcső (fúvóka) a speciális ajtó alsó részén, az ejtőernyős ugrásokat segítő áramlásterelő deflektorok mögött helyezkedik el, ezzel támogatva a megfelelő szóráskép kialakítását és a precíziós dobások megvalósítását. (10. ábra)

A MAFFS II rendszer beépítése nem igényel szerkezeti átalakítást a KC-390-esen, a repülőgép ajtajának cseréjén kívül egyedül az elektromos ellátást biztosító panel beépítése szükséges. A komplett berendezés a hátsó teherrámpán keresztül a saját utánfutójáról, a gép rakománykezelő rendszere (Cargo Handling System – CHS) segítségével gyorsan és egyszerűen berakodható. [11] A tűzoltórendszer beépítésének időtartamáról nem áll rendelkezésre a KC-390 típusra vonatkozó információ, de az ugyanilyen berendezést alkalmazó C-130-as repülőgépekben a telepítés normaideje mintegy egy óra. Mivel a berendezés beszerzési áráról nincs publikus információ, a költség-haszon elemzés egy következő tanulmány feladata.


ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmányban a teljesség igénye nélkül megvizsgáltuk a Magyar Honvédség jelenlegi és a közeljövőben beszerzésre kerülő légi járműveikhez alkalmazható légi tűzoltásra fejlesztett berendezéseket, azok előnyeinek és hátrányainak áttekintésével. A nemzetközi szakirodalmi adatokat és alkalmazói tapasztalatokat, valamint a légi járművek gyártóinak ajánlásait elemezve, a szerzők úgy találják, hogy a három géptípus alkalmas a légi tűzoltásra. A különböző légi járművek és tűzoltó eszközök összehasonlító vizsgálatából látható, hogy a H145M esetén a gyors alkalmazhatóság miatt a Bambi Bucket, a H225M tekintetében a leghatékonyabb bevetést biztosító gyári fejlesztésű Water Bombing Helicopter tűzoltórendszer, míg a KC-390 repülőgéphez a MAFFS II-es eszköz beszerzése biztosíthatja a gépek leghatékonyabb tűzoltási célú bevetését.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Restás Ágoston. „Az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése” PhD értekezés, ZNME 2008. pp. 33–36.;
- [2] Jha, Gaurav et al. “Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Integrated Crop-Livestock Systems: Environmental Exposure and Human Health Risks.” *International journal of environmental research and public health*, vol. 18,23 12550. 28 Nov. 2021.;
- [3] A Bambi Bucket gyártói ismertetője, <https://www.sei-ind.com/about-us/> (Letöltve: 2022.12.15.);

- [4] Sály Zoltán. „Lángtenger felett” *Aranyas*, 2022. 11. https://aranyas.hu/cikk_langtenger_felett.php (Letöltve: 2022.12.15.);
- [5] Hannel Sándor, Kelecsényi István. „Az Airbus H145M könnyű, többcélú helikopter” *Haditechnika*, LIII. évf. 2019/5. pp. 55–60. <http://doi.org/10.23713/HT.53.5.12;>
- [6] Simplex Model 311, *Dart Aerospace* <https://www.dartaerospace.com/en/model-311-gii-fire-attack-system-for-ec145-c2-311-000001-001.html> (Letöltve: 2023.5.10.);
- [7] Simplex Model 316, *Dart Aerospace* <https://www.dartaerospace.com/en/as332-l-series-h225-fire-attack-system-316-000000-000.html> (Letöltve: 2023.5.10.);
- [8] Fidanza, R., Denante, M. „EC225, Water Bombing Helicopter” *Eurocopter*, July 2010. Presented at the American Helicopter Society 67th Annual Forum, Virginia Beach, VA - USA, May 3-5, 2011. Copyright © 2011 by the American Helicopter Society International, Inc.;
- [9] Nagy László, Szabó Miklós. „A harcászati légi szállító képesség fejlesztése a Magyar Honvédségben” *Haditechnika* LV. évf. 2021/2. pp. 27–33. <http://doi.org/10.23713/HT.55.2.05;>
- [10] „Embraer C-390 completes flight tests for firefighting missions” <https://www.maffs.com/2022/09/08/embraer-c-390-completes-flight-tests-for-firefighting-missions/> (Letöltve: 2023.5.2.);
- [11] US Forest Service, „Modular Airborne Firefighting System, Operation Manual” Part no. 113000-3301. 2016. április;
- [12] Seyzinski, D. T. „Effective use of a helicopter with Bambi bucket firefighting system in bulgaria”, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 664 (2019) 012005;
- [13] Simplex Model 311, *Dart Aerospace* <https://www.dartaerospace.com/en/model-311-gii-fire-attack-system-for-ec145-c2-311-000001-2.html> (Letöltve: 2023.5.10.);
- [14] Forrás: SkyCannon High Rise Firefighting System, *Dart Aerospace* <https://www.dartaerospace.com/en/ec-225lp-h225-skycannon-high-rise-firefighting-system-516-000000-003.html> (Letöltve: 2023.5.15.);
- [15] Terral, B. „Water Bombing Helicopter” *Eurocopter Solutions Aerial Fire Fighting conf.* 2013. ápr. <http://tangentialink.com/wp-content/uploads/2013/05/Benoit-Terral.pdf> (Letöltve: 2023.5.4.);
- [16] Forrás: Légi tűzoltásra is alkalmas lesz az Embraer C-390, *Airportal.hu* <https://airportal.hu/legi-tuzoltasra-is-alkalmas-lesz-az-embraer-c-390/> (Letöltve: 2023.4.25.);
- [17] Forrás: Modular Airborne Fire Fighting System (MAFFS II) <https://stratag-llc.com/project/c-130h-j-imafts/> (Letöltve: 2023.6.5.);
- [18] „Long-Term Fire Retardants: History, Innovation and Preparing for the Future of Wildfires” *A Whitepaper by Perimeter Solutions* https://www.perimeter-solutions.com/wp-content/uploads/2022/05/PERI1216_LTR_White_Paper_v4b.pdf (Letöltve: 2023.6.19.);
- [19] Forrás: Firehawk helicopter, <https://verticalmag.com/press-releases/firehawk-helicopter-described-as-best-all-in-one-aerial-firefighter/> (Letöltve: 2023. 6.19).



6. ábra. A Zero DSR Blackforest enduró motorkerékpár 52 kW-os (70 LE-s) teljesítménye és mérete akár 2 fő és 50 kg felszerelés szállítását is lehetővé teszi, ami a katonai alkalmazás szempontjából is hatékony lehet [27]

Hegedűs Ernő*

Szálerősítéssel anyagok 3D-s nyomtatásának hadiipari alkalmazási lehetőségei **II. rész**

UAV-k és elektromos enduró motorkerékpárok a haderőben és a katonai logisztikában

A cikksorozat első részében a szerző a katonai repülőgépipar, azon belül is az UAV szerkezeti gyártás területére fókuszálva vonultatta fel a szálerősítéssel 3D-s anyagok felhasználási lehetőségeit. A második részben, a repülőgép sárkányszerkezetének bemutatása után az érdeklődő olvasó megismerkedhet a szálerősítéssel anyagok további felhasználási lehetőségeivel a repülőgép más részein, illetve a szárazföldi katonai járművek esetében is.

A SZÁLERŐSÍTÉSEL 3D-S NYOMTATÁS SZEREPE AZ ÜZEMBEN TARTÁS, AZ ALKATRÉSZEKELTÉS ÉS A JAVÍTÁS FOLYAMATAIBAN, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ UAV-K HARCTÉRI ÜZEMELTETÉSÉRE

Műveleti területen, a leszállás és a katonai tevékenységek során gyakori az alkalmazott UAV-k részegységeinek sérülése. Katonai szempontból egy sérült UAV-légcsavar, vagy sárkányszerkezeti elem, esetleg bármely sérült műanyag alkatrész pótlása – a tábori raktárkészlet korlátai miatt – akadályokba ütközhet távoli hadszíntéren (pl. missziós

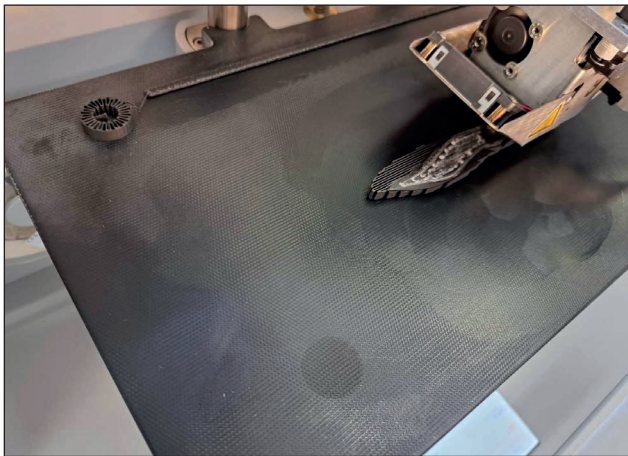
alkalmazás során). Ekkor juthat szerephez a 3D-s nyomtatás „bevetése”. Elméleti példaként említhető, hogy quadcopter UAV-kenél – például a Magyar Honvédségnél alkalmazott Milvércse esetében – gyakori lehet a légcsavarok sérülése. A 3D-s nyomtatással utángyártott légcsavar szilárdsági mutatóinak célszerűen legalább olyan szintűeknek kell lenniük, mint az eredeti alkatrészé. E cél elérését segítheti elő a szálerősítéssel 3D-s nyomtatási technológia.

UAV-légcsavar 3D-s technológiával történő gyártására hazai kutatások is folynak, például a Pécsi Tudományegyetemen (PTE). Mint dolgozatában Fábíán Zoltán írja: „Különösen fontos számunkra a megfelelő propeller (légcsavar – H. E.) kiválasztása vagy igényeink szerinti gyártása. Ez befolyásolja a drón repülési idejét, maximális sebességét, gyorsulását, a rendszer határfokát és stabilitását ... ill. a 3D nyomtatóval nyomtatott propeller adatait, tulajdonságait összehasonlítom a gyári propellerrel. Vizsgáljuk a 3D nyomtatás képességeit a drónpropeller gyártásában.” [28]

A szálerősítéssel 3D-s nyomtatás alkalmazásával olyan minőségű szerkezeti szilárdság elérésére nyílik lehetőség,

* Alezredes, PhD, NKE Hadtudományi és Honvédtisztviselői Kar, Haditechnikai Tanszék, adjunktus.
ORCID: 0000-0001-8457-5044





7. ábra. UAV-légcsavar gyártása üvegszál-erősítéssel (Fotó: Hegedűs Ernő)

amely – például egy UAV-légcsavar esetén – nemcsak az eredeti, sérült alkatrész szilárdsági mutatóit éri el, hanem azt meghaladva lehetővé teszi egy következő töréses meghibásodás elkerülését. A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kara (NKE HHK) 2022-ben több 3D-s nyomtatót szerzett be. A Kar Haditechnikai Tanszéke „3D nyomtatás alkalmazása katonai logisztikában és hadiiparban” tárgyú kutatása kiemelt kutatási terület, amelynek célja a 3D-s nyomtatás katonai aspektusainak kutatása és oktatása. A Nemzeti Közszolgálati Egyetemen a TKP2021-NVA-16 számú project keretében a próbagyártáshoz alkalmazott Markforged Onyx Pro 3D kompozitnyomtató, és alapanyagainak műszaki paraméte-



8. ábra. Három réteg folyamatos üvegszál-erősítéssel és vágott szénuszál-erősítéssel gyártott UAV-légcsavar (Fotó: Hegedűs Ernő)

9. ábra. Célszerűen 3D nyomtatással előállítható fejlett toroid geometriájú UAV légcsavar [51]



reit e tanulmány I. részében ismertettük. Az alábbiakban bemutatandó kompozitszerkezetű UAV-légcsavar három olyan rétegvastagságú beépítésével került kinyomtatásra, amelyek lényegében mindkét légcsavartoll mentén teljesen végigfutnak.

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai Tanszék kompozitnyomtatásra is alkalmas 3D-s nyomtatójánál az alkalmazott rétegvastagság: 100–200 μm . Az eszköz folyamatos szálerősítéses munkadarabok nyomtatására képes. Az alkalmazott Onyx mátrixanyag: nylon (PA6 poliamid), rövid (vágott) szálú szénuszál-erősítéssel. Folyamatos üvegszál-erősítés került beépítésre három, lényegében a teljes légcsavartoll-fesztávolságot kitevő terjedtségű rétegbe. (7. ábra) A nyomtatási idő 2,25 óra volt.

Megjegyzendő emellett, hogy az UAV-légcsavarok fejlesztésében a 3D nyomtatás, mint gyártástechnológia, tág teret nyit a komplex toroid geometriájú – a korábbinál kevésbé zajos és számos más előnyös tulajdonsággal is bíró – légcsavarok gyártása felé, amely folyamat során fontos szerep jut majd a folyamatos szálerősítéses 3D nyomtatásnak. [51]

LÉGI JÁRMŰVEK SZERKEZETÉNEK TÖMEGCSÖKKENTÉSE 3D-S NYOMTATÁS ALKALMAZÁSÁVAL, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A SZÁLERŐSÍTÉSES MŰANYAG ALAPANYAGOKRA

3D-s nyomtatás alkalmazásával megvalósítható a légi járművek szerkezetének tömegcsökkentése, de más, repülőműszaki szempontból előnyös tulajdonság is elérhető az alkalmazásukkal (pl. tetszőlegesen áramvonalas geometria). Az alábbiakban néhány példát ismertetünk ezzel kapcsolatban, különös tekintettel a magasabb fokú szilárdságot (és hőállóságot) biztosító szálerősítéses műanyag alapanyagokra.

A texasi LIFT Aircraft Inc. eVTOL (electric vertical takeoff and landing – elektromotorokkal függőlegesen fel- és leszálló) gyártó a légi jármű 100 alkatrészét 3D-s nyomtatással készítette, ezzel mintegy 40%-os tömegcsökkenést ért el. [29] A szálerősítéses 3D-s műanyag nyomtatás technológiája az UAV-gyártásban orosz relációban is alkalmazást nyert. A Skolkovo Institute of Science and Technology (SKOLTECH – Moszkva) kutatóinak tapasztalatai szerint az egyes komplex geometriájú részegységeknél akár 60%-os tömegcsökkenés is megvalósítható ezzel a technológiával, emellett az alkatrészek hőszilárdsága is növelhető. [30]

UAV-gyártás során alkalmazott 3D-s műanyag nyomtatásra hazai kutatási példák is ismertek, pl. a Loricatus UAV-

10. ábra. UAV-ra függeszthető, 3D-s műanyag nyomtatással előállított áramvonalas teherkonténer [31]





11. ábra. A HM EI Zrt. által gyártott METEOR-3MA gázturbinás, pilóta nélküli célrepülőgép 3D nyomtatott kameratartó konzolja, a kamerával (Forrás: HM EI Zrt.)

teherkonténer. Az UAV-ra függeszthető, 3D-s műanyag nyomtatással előállított teherkonténer kialakítására tetszőleges áramvonalas formában biztosított lehetőséget az additív gyártástechnológia. A Loricatus Delivery Box (9. ábra)

12. ábra. Onyx Pro szálerősítésű műanyagból, 3D-s nyomtatással készült műszertároló kapszula egy cseh tűzoltósági UAV-n [32]



egy 7300 cm³ térfogatú, 626 gramm tömegű tároló, amelyben 2 kilogramm hasznos teher szállítható.

Megemlítendő továbbá, hogy a HM Elektronikai, Logisztikai és Vagyongazdálkodó Zártkörűen Működő Részvénytársaság (HM EI Zrt.) évtizedek óta foglalkozik UAV-k fejlesztésével és gyártásával, amelyekhez 3D-s technológiával nyomtatott alkatrészeket is felhasználnak. Ezeket a HM EI Zrt. Repülési Divíziója Craftbot Plus típusú 3D nyomtatóval állítja elő a pilóta nélküli repülőeszközök gyártó műhelyében. (10. ábra)

A DronySIT cseh robotokat és tűzoltó drónt gyártó cég is széles körben alkalmaz szálerősítésű kompozitanyagokat. A 11. ábrán láthatók, a cseh tűzoltóság által alkalmazott katasztrófavédelmi drón ledobható nyomtatott „bombái” (szenzorkezeszei), amelyek a tűzeset területén a levegő minőségét, szennyezőanyag-, illetve oxigéntartalmát stb. paramétereket mérő szenzorokat tartalmaznak, ezzel segítve a biztonságos és hatékony oltás megszervezését.

A ledobható nyomtatott szenzorkezeszei anyaga Markforged szálerősítésű Onyx kompozit, míg a piros záróelem-alkatrész FFF nyomtat (Fused Filament Fabrication). A drónról ledobott szenzordobozokat legin-

kább erdőtüzek esetén használják, de más tüzesetek felderítésében is hasznos segítséget nyújthatnak. A DronySIT számos további UAV-alkatrész és -tartozék, illetve robot-szerkezetielem gyártásánál alkalmazza a Markforged Onyx anyagot. [32]

SZÁLERŐSÍTÉSŰ 3D NYOMTATOTT ALKATRÉSZEK JÖVŐBENI FELHASZNÁLÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI KATONAI ALKALMAZÁSÚ TEREPI (ENDURÓ) MOTORKERÉKPÁROK GYÁRTÁSÁNÁL ÉS JAVÍTÁSÁNÁL

Az additív gyártástechnológia – elsősorban a szálerősítéses 3D-s nyomtatást kiemelve – fokozottan alkalmas motorkerékpár-alkatrészek szerkezetitömeg-optimalizált formában történő gyártására is. A 2022-ben kitört orosz-ukrán háború tapasztalatai alapján az ukrán tartalékos erők páncelelhárító rajai széles körben alkalmazzák az elektromos motorkerékpárt. Az elektromos motorkerékpár alkalmazásával csendben – belső égésű motor hiányában lényegében zaj- és infrakibocsátás nélkül, nehezen felderíthető módon, rejtve – nagy távolságokat tehetnek meg. A különleges műveleteknél, vagy a páncelelhárító rajok harctevékenységeiben a csendes, rejtett tevékenység létfontosságú, nagy előnyt jelent a gyorsaság és a meglepetés ereje – mindezt elsősorban elektromos járművekkel lehet kivitelezni. Ezért is mutatkozik fokozott igény a hangtalan e-járművekre, az elektromos motorkerékpárokra, amelyeket immár a DARPA⁵ is fejleszt. [33] Napjainkban több hadsereg, köztük az Egyesült Államok hadereje is aktívan kutatja az elektromos motorkerékpárokban rejlő lehetőségeket. A katonai motorkerékpárok alkalmazása a lehető legkisebb fajlagos szerkezeti tömeg mellett teszi lehetővé két személy, és kézfegyverek szállítását. A főleg civil e-bike-okat gyártó, ternopili székhelyű Eleek ukrán cég Eleek Atom katonai e-bike-jait is használják a háborúban. Az ukrán-amerikai Delfast vállalat elektromos terepmotorjára – valójában egy elektromos kerékpárra – szerelt konténerben az NLAW vagy Jawelin páncceltörő rakéta zajtalanul jut ki az ellenség páncélos oszlopainak közelébe. Az elektromos motorkerékpárok nem bocsátanak ki hőt,

13. ábra. A 34 kW-os (46 LE-s) Zero Motorcycles elektromos katonai terep-motorkerékpár (enduró) két fő szállítására alkalmas [34]



teljes csendes készenléti állapotban várakozhatnak a „rajtaütés és menekülés” típusú műveletek esetében.

Elektromos katonai motorkerékpárokat az amerikai haderej is alkalmaz. A kaliforniai Zero Motorcycles cég egy enduró motorkerékpárt készített az amerikai hadsereg megrendelésére. A lítium-ion akkumulátoros Zero Motorcycles MMX legnagyobb teljesítménye 34 kW (46 LE), csúcnyomatéka 106 Nm. Hatótávolsága 130 km vagy 175 perc. A zajtalan, mozgékony motorkerékpár elsősorban felderítő és különleges műveletek végrehajtásához alkalmas. Az egy (ZF2.8) vagy két (ZF5.7) modulból álló akkumulátor-rendszer külön-külön is mozgatható, gyorsan cserélhető, és akár egy óra alatt is feltölthető. A motorkerékpár végsebessége 137 km/h, a hátsó kereket lánchajtással hajtják. Tömege 131 kg. (12. ábra)

A második példa a Zero 2020-ban bemutatott DSR (dual-sport) Blackforest enduró motorkerékpárja. Ennek menetkész tömege 210 kg. Meghajtásáról 3500 1/min fordulatszámánál 52 kW (70 LE) teljesítményű, 155 Nm forgatónyomatékú elektromos motor gondoskodik, amelynek teljesítményét bordázott szíjhajtás juttatja el a hátsó kerekre. [35] (Az SR/S vagy SR/F változat 81 kW-os (110 LE-s), nyomatéka 190 Nm.) Az akkupakk 14,4 kWh kapacitású (de rendelhető 18 kWh-s akkumulátorral is). Hatótávolsága vegyes használatban 180 km, amely a Power Pack csomaggal 225 km-ig tolható ki. Gyorsulása 100 km/h-ra 3,9 másodperc. A jármű végsebessége elektronikus szabályozással 165 km/h-ban limitált. A terepképes túramotor elől 2,50×19, hátul 3,50×17 broncsú kerekei könnyűfém öntvényből készültek, és elől-hátul tárcsafékkal szerelték fel. Az akkumulátor töltési ideje 8–10 óra (PC kábellel, fali konnektorból), a 6 kW-os Charge Tank gyorstöltővel 2,5 óra. (6. ábra)

Mint látható, az elektromos motorkerékpár hatótávolsága megnövelhető 130 km-ről 180 km-re, azonban – a nagyobb mennyiségű akkumulátorok többlettömege miatt – a motorkerékpár szerkezeti tömege is 130 kg-ról 210 kg-ra növekszik. Ezért az elektromos katonai motorkerékpárok fejlesztésének egyik kulcseleme a tömeg csökkentése, amely nemcsak az akkumulátorok tömegének a csökkentését jelenti, hanem a vázszerkezetét és a futóműét is. E területen jelentős szerephez juthatnak a különféle szálerősítésű kompozit anyagok és a szálerősítésű 3D nyomtatott alkatrészek is.

14. ábra. A Készenléti Rendőrség Zero FX ZF6.5 elektromos terep-motorkerékpárjai (endurói), amelyekkel elsősorban a déli határszakaszon járőröznek [36]





15. ábra. Kalasnyikov elektromos katonai motorkeékpár [37]

A Zero elektromos motorkeékpárok alkalmazása nemcsak a haderőben, de a rendvédelmi szerveknél is előnyös lehet – például a határőrizetben. Ezért kezdte meg Magyarországon a Rendőrség a Zero motorkeékpárok alkalmazásának vizsgálatát. A Készenléti Rendőrség Zero FX ZF6.5 elektromos enduróival – kísérleti jelleggel – elsősorban a déli határszakaszon járőröznek.

A Készenléti Rendőrség négy darab Zero FX6.5 elektromos motorkeékpárt szerzett be. A Zero FX ZF6.5 A ZForce(R) elektromos erőforrásra épülő motorkeékpárok névleges motorteljesítménye 34 kW (46 LE), legnagyobb forgatónyomatéka 106 Nm, és egy töltéssel legfeljebb 130–140 kilométert tehetnek meg. 160 km/h-s végsebességgel és gazdaságos üzemmódban akár 210 kilométeres hatótávolsággal is használható motorok. Fajlagosan

16. ábra. Az NJE Supermoto elektromos motorkeékpárt Magyarországon fejlesztették ki (Fotó: Sárkány Tamás)



ugyan sokkal drágábbak, mint a hasonló paraméterekkel bíró, belső égésű motorkeékpárok, de az üzemeltetési költségeik annyira alacsonyak, hogy már középtávon megtakarítást jelentenek. (13. ábra)

A Kalasnyikov fegyveripari konszern is – amely leginkább az AK–47-es gépkarabély kapcsán ismert a világpiacon – elektromos motorkeékpárokat mutatott be a Moszkvában megrendezett Army 2017 nemzetközi haditechnikai szakkiállításán. Két változatot mutattak be: az egyiket a haderő számára, míg a másikat a rendőrségnek szánják. [38] A jármű párban alkalmazott lítium-vas-foszfát és lítium-polimer akkumulátorokkal 150 km-t képes egy feltöltéssel megtenni. A motorkeékpár tömege 165–245 kg között változik – ez függ a választott akkumulátor-pack méretétől, a maximális sebessége 100 km/h. (14. ábra)

Hazai elektromos motorkeékpár-fejlesztési példaként említhető 2022-ből az NJE Supermoto. [39] A jármű fejlesztői a Neumann János Egyetem GAMF Műszaki és Informatikai Kar Innovatív Járművek Tanszékének munkatársai és hallgatói voltak. [40] A motort hétköznapi használatra szánják. Az akkumulátort úgy optimalizálták, hogy a lehető legrövidebb idő alatt fel lehessen tölteni. Gyorstöltővel két óra alatt el lehet érni a teljes töltöttséget, amellyel azonban mindössze 70 kilométert képes megtenni a jármű. (15. ábra)

A motorkeékpár több üzemmódban is használható, a különböző lehetőségek között egy kapcsoló segítségével lehet választani. Az ECO mód gazdaságos, városi közlekedést tesz lehetővé. Ha valaki nagyobb teljesítményre vágyik, akkor azt a sport üzemmód teszi lehetővé, amely fokozat – 100 km/órás maximális sebességig – egy 125 cm³-es belső égésű motor erejét biztosítja az NJE Supermoto számára. Az NJE Supermoto fejlesztésével kapcsolatban a Magyar Honvédség is érdeklődést mutatott, és a motorkeékpárt bemutatták egy katonai szakkiállításán is. Műszaki adatai: sebessége 100 km/h, maximális hatótávolsága 100 km (ECO üzemmódban) motorteljesítmény 5/11 kW, maximális forgatónyomatéka 70 Nm, teherbírása 130 kg. Bár a hazai NJE Supermoto paraméterei biztatóak – egyebek mellett – hatótávolsága jelenleg nem felel meg a katonai követelményeknek, azt mintegy 50–70%-kal szükséges megnövelni.

A jövőbeli elektromos motorkeékpár-fejlesztés egyik iránya az anyagtudományra és a gyártástechnológiára koncentrálnak – a szerkezeti tömeg csökkentése és a hatótávolság növelése érdekében. A fejlesztés lehetséges eszközei és területei:

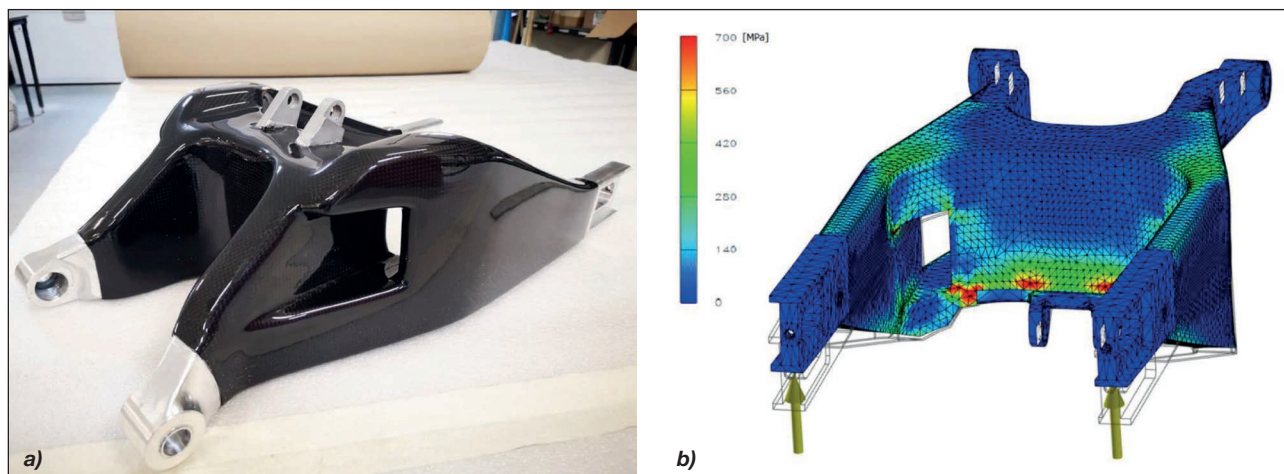
- 3D-s nyomtatással előállított alkatrészek és fődarabok (köztük a váz és a lengőkarok);
- a kompozitanyagok is fokozottabb szerepet kaphatnak a motorkeékpár vázszerkezetének és egyéb alkatrészeinek kialakításában;
- különféle fémhabok és szendvicsszerkezetek alkalmazása. (16. ábra)

Hazai műszaki kutatások is folynak az elektromos motorkeékpárok hatótávolságának növelése érdekében. [43] A kutatások között fontos terület a szálerezítésű vázanyagok bevezetésének kérdése – különös tekintettel a szén-szál anyagok alkalmazására. [44] A 3D-s nyomtatással előállított szerkezeti elemek – amelyek közül műanyagok esetében jelentősen kedvezőbb szilárdsági mutatóik miatt (részletek a cikk I. részében) elsősorban a szálerezítésű műanyagok jöhetnek szóba – bizonyos mértékig hozzájárulhatnak az elektromos motorkeékpárok szerkezeti tömegének csökkentéséhez. Ezen kutatások során – más tényezők mellett – fokozottan célszerű figyelembe venni, az egészségkárosító hatások minimalizálását, illetve a munkavédelmi megfontolásokat is. [45]



1. táblázat. Az elektromos katonai motorkerékpárok főbb műszaki adatai [37] [40][41] [42]

Paraméterek	Delfast	Eleek Atom	Zero Motorcycles MMX	Zero DSR Blackforest	Kalasznyikov	Supermoto
Kategória	elektromos kerékpár	elektromos motorkerékpár	elektromos enduró	elektromos túraenduró	elektromos enduró / túraenduró	elektromos enduró
Tömeg [kg]	70	70	131	210	165/240	nincs adat
Terhelhetőség [kg]	135	nincs adat	160	200	90–160	130
Szállítható személyek [fő]	1	1	2	2	1-2	1
Teljesítmény [kW/LE]	6 / 8	3 / 4	34 / 46	52 / 70	nincs adat	11 / 15
Nyomaték [Nm]	150	nincs adat	106	160	nincs adat	70
Akkumulátor	nincs adat	nincs adat	lítium-ion	14,4 kWh lítium-ion	lítium-vas-foszfát/ lítium-polimer	nincs adat
Hatótávolság [km]	320	150	125	180	150	70
Töltési idő [h]	nincs adat	5	nincs adat	8-10 (gyorstöltő: 2,5)	nincs adat	gyorstöltő: 2
Maximális sebesség [km/h]	80	90	137	165	100	100



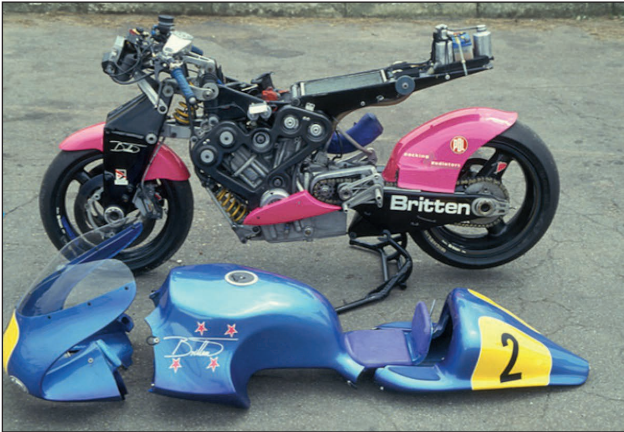
17. ábra. Szénszál-erősítésű motorkerékpár lengőkar-optimalizált rétegreddel [44]

Az additív gyártástechnológia széles körű alkalmazhatóságára az elektromos motorkerékpár-építés jó példaként említhető, hogy Zliben, a cseh Tomas Bata Egyetemen egy 55 kW (74 LE) teljesítményű, 300 km hatótávolságú enduró motorkerékpár 66 elemét nyomtatták ki 3D-s műanyag nyomtatással, összesen 2500 m filament felhasználásával. [46] A szálerősítéses additív gyártástechnológia alkalmazása mellett azonban célszerű megemlíteni a kompozitanyagok alkalmazásának lehetőségét is a motorkerékpár-építésben – elsősorban a szerkezeti tömeg csökkentése céljából.

Kompozit szerkezeti elemek alkalmazására jó példa a Britten V1000 motorkerékpár, amely mindössze 143 kg-os tömeggel rendelkezik. Ennél a verseny-motorkerékpárnál kevlárból és szénszál-erősítésű műanyagból készült a hátsó lengőkar és az első villa, továbbá a kerekek is. [48] (17. ábra) Az 1990-es évek elején összesen 10 darab készült ezekből a verseny-motorkerékpárokból. (Napjainkban karbonrészegységek széles körű felhasználásával épült a Ducati Desmo d16RR NCR motorkerékpár.)

Jelentős tömegcsökkenést ért el az amerikai Divergent 3D cég Dagger típusú kísérleti 3D nyomtatott vázszerkezeti motorkerékpárjával. Ennek a szabványos szerkezeti elemei, mint a keréktárcsák, a féktárcsák, a féknyergek, a teleszkópvillák, a központi rugóstag és maga az erőforrás, hagyományos gyártástechnológiai eljárásokkal készültek Kawasaki H2 fődarabok felhasználásával. A vázat, a burkolatokat és az üzemanyag-tartályt azonban 3D-s technológiával nyomtatták. Az additív eljárással létrehozott elemek szénszál-erősítésűek, amelynek eredményeként összességében 50%-kal kisebb tömegűek, mint a hagyományos alkatrészek. [50] A 3D nyomtatott váz merevsége igen magas fokú. (18. ábra)

Összességében megállapítható, hogy a felsorolt technológiák és konstrukciók – az (elsősorban szálerősítéses) 3D-s nyomtatás, illetve a szálerősítésű kompozitanyagok –alkalmazásakor a szerkezeti tömeg csökkentése remélhető, amely egyaránt növeli az elektromos motorkerékpárok és az UAV-k hatótávolságát, terhelhetőségét.



18. ábra. Kompozit Britten V1000 motorkerékpár mindössze 143 kg-os tömeggel. Kevlárból és szénszál-erősítésű műanyagból készült a hátsó lengőkar és az első villa, továbbá a kerekek is [47]



19. ábra. Divergent 3D Dagger motorkerékpár szénszál-erősítésű 3D-s nyomtatott vázzal [49]

A tanulmány a TKP2021-NVA-16 számú project az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatással, a Tématerületi Kiválósági Program 2021 TKP2021-NVA pályázati program finanszírozásában valósult meg.



INNOVÁCIÓS ÉS
TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [27] Forrás: <https://www.flatoutmag.co.uk/features/zero-dsr-black-forest-electric-feels/zero-dsr-black-forest-small-7/> (Letöltve: 2023.5.26.);
- [28] Fábián Zoltán. Egyedi drónpropeller tervezése és gyártása. XXXIII. OTDK Műszaki Tudományi Szekció. Témavezetők: Horváth Zoltán egyetemi tanársegéd, PTE TTK; Zentai Norbert egyetemi tanársegéd, PTE TTK https://otdk.hu/upload/files/1524303719_muszaki_rezume.pdf (Letöltve: 2023.6.29.);
- [29] Aerospace - Achieving new heights with 3D printing. https://www.materialise.com/en/industries/aerospace?gclid=EAlaIqobChMI3czK-sLo_wIVSprVCh2D2AQnEAAYAAAEgJho_D_BwE (Letöltve: 2023.6.29.);
- [30] Azarov, Andrey – Antonov, Fedor K. – Golubev, Mikhail – Khaziev, Aleksey. Composite 3D printing for the small size unmanned aerial vehicle structure. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.03.07> (Letöltve: 2023.6.29.);
- [31] IoT Zóna: Drónra szerelhető szállítódobozt fejlesztett a magyar cég. <https://iotzona.hu/logisztika/kulonleges-dronra-szerelhető-doboz-a-magyar-makettezo-cegtol> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [32] DronySIT vállalat hivatalos weboldala <https://www.dronysit.cz/en/> (Letöltve: 2023.6.29.);
- [33] Atherton, Kelsey D. Special forces are getting a stealth motorcycle that's silent and deadly. <https://www.popsci.com/special-forces-stealth-motorcycle-silent-hawk/> 2017.05.26. (Letöltve: 2023.4.26.);
- [34] South, Todd. This silent, all-electric dirt bike could soon drive special operators into battle. <https://www.armytimes.com/news/your-army/2018/06/01/this-silent-all-electric-dirt-bike-could-soon-drive-special-operators-into-battle/> 2018.06.01. (Letöltve: 2023.4.26.);
- [35] Hinton, T. J. 2020 Zero DSR Black Forest. <https://www.topspeed.com/motorcycles/motorcycle-reviews/zero-motorcycles/2020-zero-dsr-black-forest-ar186635.html> 2019.09.24. (Letöltve: 2023.4.26.);
- [36] Elektromos motorok a hazai rendőrfloottában <https://www.sportmotor.hu/magazin/a-rendorseg-zero-elektromos-motorjai> (Fotók: Magyar Rendőrség/Vezda László) (Letöltve: 2023.4.26.);
- [37] Kalashnikov electric motorcycles developed by IZH <https://thepack.news/kalashnikov-electric-motorcycles-developed-by-izh/> 2017.10.20. (Letöltve: 2023.4.26.);
- [38] Elektromos motorokat mutatott be a Kalasnyikov. <https://villanyautosok.hu/2017/10/21/elektromos-motorokat-mutatott-kalasnyikov/> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [39] Fejlesztés - Elektromos meghajtású motorkerékpárt mutattak be a kecskeméti egyetemen. <https://www.baon.hu/helyi-kozelet/2022/10/elektromos-meghajtasu-motorkerekepart-mutattak-be-a-kecskemeti-egyetemen> 2022.10.04. (Letöltve: 2023.4.26.);
- [40] Bemutatták a SUPERMOTO-t a Neumann János Egyetemen. <https://mome.hu/hu/hirek/bemutattak-a-supermoto-t-a-neumann-janos-egyetemen> (Letöltve: 2022.10.3.);
- [41] Szélpál Imre. Supermoto – Elektromos, magyar, de nem visz messzire. <https://www.autosvilag.com/index.php/features/supermoto-elektromos-magyar-de-nem-visz-messzire> (Letöltve: 2022.10.14.);
- [42] Forrás: Zero DSR Black Forest Edition (2018) <https://www.bennetts.co.uk/bikesocial/reviews/bikes/zero-zero-dsr-black-forest-edition-review> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [43] Sárkány Tamás György. Sebességváltó alkalmazásának hatása elektromos verseny motorkerékpár dinamikájára és energia fogyasztására. In: Johanyák, Zsolt Csaba; Kovács, Lóránt; Pásztor, Attila; Ferenczy, Tibor; Weltsch, Zoltán; Tóth, Ákos;



- Dobjánné, Antal Elvira (szerk.) Kutatás és innováció 2021: GAMF Közlemények tanulmánykötete. Kecskemét, Neumann János Egyetem GAMF Műszaki és Informatikai Kar (2021) 144. o.;
- [44] Kun Krisztián - Sárkány Tamás. Szénszálerősítésű kompozit lengőkar rétegrendjének optimalizálása verseny-motorkerékpárhoz. In: Barabás, István (szerk.) XXIX. Nemzetközi Gépészeti Konferencia OGÉT 2021 Kolozsvár, Románia: Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT) (2021) 126. o.;
- [45] Rákosi Sára, Sebők István, Szalai Tamás, Vég Róbert László. A 3D-nyomatás biztonságtechnikai és környezetvédelmi aspektusai. Műszaki Katonai Közlöny 33. évf. 1. szám (2023) 133. o. <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.1.10>;
- [46] Fillamentum teams with Tomas Bata University designer to build 3D printed electric bike. <https://3dprintingindustry.com/news/filamentum-teams-with-tomas-bata-university-designer-to-build-3d-printed-electric-bike-143025/> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [47] Rare Britten V1000 Under Maintenance at Museum of New Zealand. [https://www.nc700-forum.com/threads/rare-britten-v1000-under-maintenance-at-](https://www.nc700-forum.com/threads/rare-britten-v1000-under-maintenance-at-museum-of-new-zealand.20266/)
- [museum-of-new-zealand.20266/](https://www.nc700-forum.com/threads/rare-britten-v1000-under-maintenance-at-museum-of-new-zealand.20266/) (Letöltve: 2023.6.29.);
- [48] Brown, Roland. A motorkerékpárok képes enciklopédiája. Új Ex Libris Könyvkiadó, Budapest, 1996. ISBN: 9639031534 116–117. o.;
- [49] Beeler, Jensen. Divergent 3D Dagger – The Ninja H2 Meets 3D Printing <https://www.asphaltandrubber.com/bikes/divergent-3d-dagger-ninja-h2-meets-3d-printing/> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [50] The 3D-printed ‚super bike‘. <https://mashable.com/article/divergent-3d-dagger-3d-printed-super-bike> (Letöltve: 2023.4.26.).
- [51] Loz Blain: Toroidal propellers: A noise-killing game changer in air and water (2023. 01. 26.) New Atlas <https://newatlas.com/aircraft/toroidal-quiet-propellers/> (Letöltve: 2023.6.10.).

JEGYZETEK

5 A DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) az Egyesült Államok Védelmi Minisztériumának kutatásokért felelős részlege.

Mikita János – TERNYÁK ISTVÁN – HORVÁTH LÁSZLÓ FERENC – SÁFÁR JÓZSEF:

A magyar katonai híradás története I.

A hadsereg és a haditengerészet hírközlése, összekötő, táviró- és postai szervezetei az 1848–49-es szabadságharctól az első világháború végéig (1848–1918)

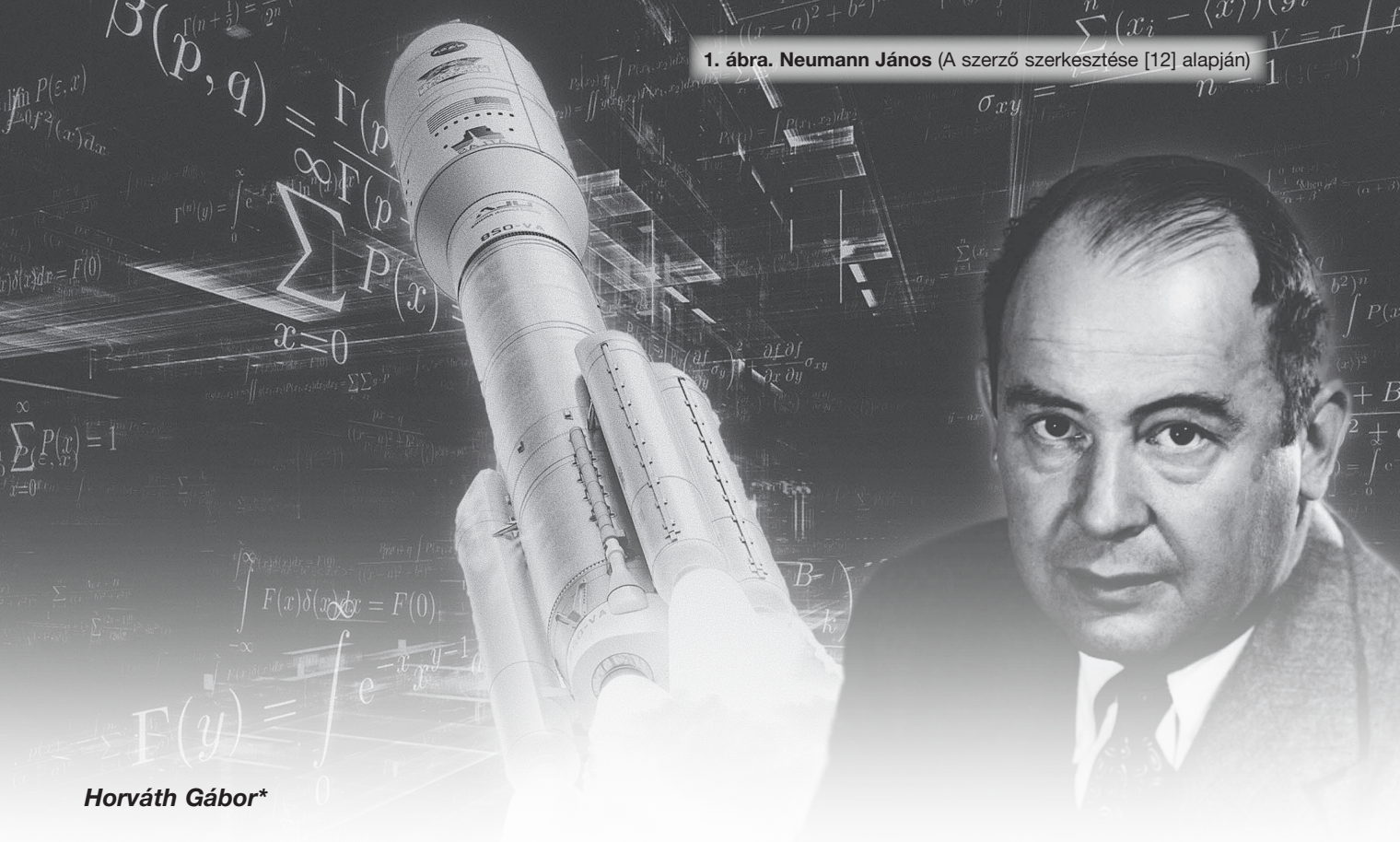
Hiánypótló könyvsorozat első kötete látott napvilágot a közelmúltban. A már-már elkoptatott jelző jelen esetben hiteles: az olvasók első ízben vehetnek kézbe olyan szakmunkát, amely azzal a céllal született, hogy monografikus mélységben, tudományos alaposággal dolgozza fel a magyar katonai híradás történetét. A szerzők az általános és a katonai történelmi háttérre egyaránt támaszkodtak, amikor esemény- és szervezetcentrikusan megírták az 1848 és 1918 közötti időszak összekötő, táviró- és postatörténetét. A tervezett második rész az 1918 és 1945, a harmadik az 1945 és 1955 közötti időszakokat tárgyalja majd, míg a negyedik az 1955-től 1990-ig terjedő korszakba kalauzolja az érdeklődőket.

A kronologikus rendben haladó, bőséges forrásanyagot felvonultató könyvet olvasva hét olyan évtized haditechnikai fejlődése elevenedik meg, amely egyszerre forradalmasította és tette nélkülözhetetlenné a hírközlést. Az időszakhoz kötődő lényeges változás, hogy az első világháború kontinensnyi frontvonalait már nem lehetett egy domboldalról belátni és néhány lovas futárral irányítani. Ugyancsak jelentős haditechnikai újítást követelt, hogy a tüzérségi eszközök hatótávolságának növekedése miatt új eszközök és módszerek alkalmazására volt szükség a célok felderítésére, a tűzvezetésre és -helyesbítésre. E feladatok végrehajtásához egyre inkább alkalmaztak ballonokat, léghajókat és repülőket, valamint fejlesztették a meteorológiai előrejelzés rendszert is. Az olyan találmányok megjelenése, mint – többek között – az elektromos és a szikratáviró, a morzekód vagy a telefon nyomán lehetővé vált a szárazföldi tömeghadseregek és flották irányítása, manővereik összehangolása. Ez természetesen azt is jelentette – a kötet szerzőinek találó megállapítása szerint –, hogy „az I. világháború folyamán a rejtjeltevékenység és a rádiófelderítés kiemelt szerepet játszott. Az információszerzés elsődleges forrása a rádió-, a vezetékes táviró- és távbeszélővonalak lehallgatása, valamint a rejtjelezett és kódolt küldemények megfejtése, feldolgozása és értékelése volt. Az információ, az információs fölény megszerzése döntő tényezővé vált”. (168.)

A rendkívül adatgazdag kötet minden bizonnyal hasznos forrása lesz a hazai had- és technikatörténeti kutatásoknak. Történettudományi értéke azonban nemcsak ebben áll. Az Osztrák–Magyar Monarchia első világháborús veresége kapcsán ugyanis rámutat egy kevésbé közismert szempontra. A szerzők megállapítása szerint a dualista birodalom katonai vezetői „nem kellő mértékben ismerték fel az információ kulcsfontosságú szerepét a modern hadviselésben”, nem fordítottak kellő méretű erőforrást a felderítésre, és nem is vették kellőképpen figyelembe a döntések meghozása során. (235.)

A 258 oldal terjedelmű, magyar nyelvű, színes, illusztrált, keményborítós kötet a HM Zrínyi Nonprofit Kft. gondozásában jelent meg. Megvásárolható a nagyobb könyvboltokban 11 220 Ft-ért, vagy közvetlenül a kiadótól 8415 Ft-ért. Cím: 1024 Budapest, Fillér utca 14., (tel.: 06-1-459-5373, e-mail: cinti@hmzinyi.hu.), Megrendelhető továbbá a shop.hmzinyi.hu weboldalon is. (Dr. Sz. Z. O.)





Horváth Gábor*

Forradalmasított hadviselés: Neumann János haditechnikai hagyatéka

AZ ÉVSZÁZAD EMBERE

Idén emlékezünk meg Neumann János születésének 120. évfordulójáról. Ez az alkalom különös aktualitást kölcsönöz egy olyan tanulmánynak, amellyel – az írás szerzőjeként – magyarként, katonaként és doktoranduszként is adózhatom a tudós emlékének. Azok közé tartozom, akik az informatika alapítóatyjaként ismerték meg Neumann Jánost, és ezt az általános magyar nézőpontot jól visszautkrözi a Hungarikumok Gyűjteményében elfoglalt helye is.¹ Katonaként és doktoranduszként azonban azt kell mondanom: nagy kár lett volna, hogy ha a kvantummechanika matematikai alapjait lefektető, a játékelméletet és a numerikus meteorológiát megalapozó és számos egyéb tudományterületen csodálatos eredményeket elérő Neumann csak a számítástechnikára fókuszálta volna kutatásait. Alig több, mint öt évtized elég volt számára, hogy alapjai-

ban befolyásolja a XX. század alakulását; ezt bizonyítja az a tény is, hogy 1999-ben a Financial Times nem az év, hanem egészen egyedülálló módon az évszázad emberének nevezte Neumann Jánost.² A posztumusz elismerést követő több, mint két évtized alatt a tudós jelentősége inkább csak nőtt, így 2022-ben az év könyve díjjal jutalmazott kötetben a jövő embereként hivatkoznak Neumannra. [1] Ettől függetlenül napjainkig csupán néhány olyan magyar, illetve angol nyelvű tanulmány jelent meg, amely célirányosan Neumann János haditechnikai hagyatékának bemutatására törekedett.³ Ez a tény azért is figyelemre méltó, mert a legtermékenyebb éveit gyakorlatilag a haditechnika szolgálatába állította. Ezt támasztja alá a Ballisztikai Kutatólaboratóriumban (Ballistic Research Laboratory – BRL) végzett munkájától kezdve, a Manhattan-tervben betöltött kulcsfontosságú szerepén keresztül, egészen a stratégiai szintű rakétaképességet értékelő, egyben a

ÖSSZEFOGLALÁS: Neumann János nevét sokan ismerik, de életművét – különösen annak részleteit – jóval kevesebben. A tudós rendkívüli szellemi örökségének értékelésével még adós az utókor. A magyar származású géniusz születésének 120. évfordulója alkalmat ad arra, hogy tudományos eredményeit katonai szemszögből is bemutassuk. Nem csak a kvantummechanika matematikai alapjait lefektető, a játékelméletet és a numerikus meteorológiát megalapozó és számos egyéb tudományterületen alkotó tudós volt ő, hanem haditechnikai fejlesztései az elmúlt hat évtizedben a világpolitika alakulását is befolyásolták.

KULCSSZAVAK: Atombomba, Manhattan-terv, Neumann-architektúra, számítógép, Teakanna Bizottság

ABSTRACT: The name of John von Neumann resonates with nearly everyone; however, the intricacies of his life's work remain largely unfamiliar to the majority. Regrettably, during the evaluation of his scientific legacy, the significance of his military technological contributions are frequently underestimated or outright disregarded. Within this context, the present commemoration of Neumann's 120th birth anniversary, as a Hungarian-born genius, offers a prime occasion to enlighten the reader about his remarkable achievements through the lens of this rediscovered dimension.

KEY WORDS: atomic bomb, Manhattan plan, Neumann architecture, computer, Teapot Committee

* Százados, HM Állami Légügyi Főosztály, főtiszt. ORCID: 0000-0002-2939-1426



pontos csapásmérésre alkalmas interkontinentális ballisztikus rakétaeszközök fejlesztését felügyelő bizottság⁴ tevékenységének sikeres vezetése is. [2] Mindezek alapján célokom, hogy a legfontosabb mérföldkövek érintésével bemutatassam, történelmi alapokon helyes kontextusban értelmezzem, majd összefoglalva értékeljem a hagyaték azon elemeit, amelyek elsősorban a haditechnika fejlődésének ívét határozták meg, de végül világtörténelmet alakító tényezőkké váltak.

A LEGFONTOSABB MÉRFÖLDKÖVEK

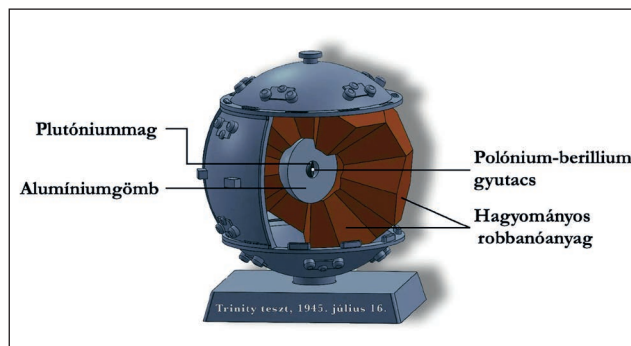
Ahogy Kármán Tódor írta: „...a tudományos eredményeket nem lesznek képesek hatékonyan alkalmazni azok a katonák, akik nem értik azokat, míg a hadműveletekre vonatkozó ismeretek hiányában a tudósok nem lesznek képesek a hadviselésben alkalmazható eredményeket elérni”. [3] Kármán professzor ezt a szemléletet vélhetően átadta az egykor ifjú patronáltjának, későbbi barátjának, Neumann Jánosnak is, aki az amerikai állampolgárság megszerzését (1937) követően – a következő viláégésre történő felkészülés jegyében – szinte azonnal tartalékos tiszt szolgálatra jelentkezett az Egyesült Államok hadseregébe. A rigorózus felvételi eljárás azonban nem tette lehetővé, hogy a katonai követelmények alapján túlkorosnak ítélt Neumann az általános eljárásrend szerint a fegyveres erők kötelékébe kerüljön és rendfokozatot szerezzen, de ez nem akadályozhatta őt abban, hogy később számos olyan tudományos tanácsadói és vezetői posztot töltsön be, amelyek alapjaiban meghatározták a haditechnikai fejlesztések irányát, egyben a hadviselés jövőjét.

BALLISZTIKAI KUTATÓLABORATÓRIUM

Az Amerikai Egyesült Államok szárazföldi haderejének ernyője alatt működő Ballisztikai Kutatólaboratóriumot tekinthetjük Neumann első komoly haditechnikai fejlesztéseket közvetlenül támogató állomásának. A BRL-t abból a célból hozták létre, hogy tudományos eredmények segítségével korrigálják a különböző – leginkább nagyobb űrméretű – lövedékeknek az I. világháborúban tapasztalt pontatlanságát, egyben növeljék azok pusztító erejét. [4] Ez a feladat a kor egyik legkomolyabb számításigényét támasztotta a labor munkatársaival szemben, mivel már egy átlagosnak számító röppálya-kalkuláció is több száz aritmetikai műveletet foglal magába. Ez a munka – a BRL által kínált feltételek között – ideálisnak mutatkozott ahhoz, hogy Neumann egyenruhás közegben is megmutathassa matematikusi zsenialitását. Az akkor elért eredmények azonnal ismertté tették katonai berkekben, és attól kezdve sorozatosan kapta a legkülönlegesebb megbízásokat.

A MANHATTAN-TERV

Szilárd Leó és Enrico Fermi kutatásai alapján, továbbá az Albert Einstein aláírásával Roosevelt elnöknek címzett levelének⁵ köszönhetően, már 1939-ben megkezdődött az atomfegyverek kifejlesztését célzó amerikai projekt, vagyis a Manhattan-terv fundamentumainak lefektetése. A megvalósításra fókuszáló munka megkezdése mégis 1942-ig váratott magára, majd egy év sem telt el, amikor a projekt fegyverkutató laboratóriumának (Manhattan Project Los Alamos Site) vezetője, Robert Oppenheimer az „elit alakulatába” toborozta Neumann Jánost is. A projekten dolgozó



2. ábra. Az első nukleáris fegyver szerkezeti felépítése (A szerző szerkesztése)

újabb magyar származású tudósra leginkább egy test robbanásszerű gyors térfogatcsökkenésével, vagyis az implózió elméletével és az atombombát működtető gyakorlati megvalósításával kapcsolatban volt szükség. Lax Péter⁶ emlékirata azonban bemutatja Neumann közvetlen, kommunikatív karakterét is, hiszen „Őt – nem csak matematikusok, hanem – mindenki nagyon várta Los Alamosba. Neumann Jánosnak mindenki el akarta mondani az aktuális tudományos problémáját vagy eredményét és mindenki odafigyelt arra, amit mondott.” [5] A beszélgetések azonban sokszor munkán kívül is az implózió elméletének megoldhatatlannak tűnő számítási igényére koncentráltak. A legnagyobb kihívás abban rejlett, hogy a bombaszerkezet belsejében elhelyezett hasadóanyag kritikus térfogatát hagyományos robbanóanyag által biztosított egyenletes nyomáseloszlás segítségével elérjék. A roppant kihívásra válaszul kiemelkedő tudós végül megoldást szolgáltatott és rávezette az elméleti szakembereket, hogyan lehet a jelenséget matematikailag modellezni és az eredményül kapott egyenleteket numerikusan megoldani.

A végeredmény a 2. ábrán látható bombaszerkezet, ahol a hasadóanyagot tartalmazó kamrárt egy lencseszerűen elrendezett robbanóanyag-keretbe zárták, amely – a detonációt követően – biztosította a kritikus térfogat eléréséhez szükséges gyors, egyenletes nyomáseloszlást. A Neumann által végzett számításokat visszatükröző implóziós bomba tesztjére – Trinity kódnév alatt – 1945. július 16-án került sor. Az eredmény nyomán megkezdődött az emberi-ség atomkorszaka.

ENIAC, EDVAC és MANIAC

Sem az ENIAC (Electric Numerical Integrator and Computer), sem az EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) nem tekinthető az első számítógépnek, és egyik sem volt Neumann János kizárólagos találmánya. Ettől függetlenül mindkét eszköz megjelenése fontos mérföldkö a számítástechnika történetében, létrejöttük közvetlenül haditechnikai eredetre vezethető vissza, és a fejlesztésük ezer szállal kötődik a magyar származású tudós munkásságához. Neumann számítógépekkel összefüggő érdeklődése egy vasúti pályaudvaron lezajlott beszélgetéshez kötődik, amelyet Herman H. Goldstine⁷-nel, az ENIAC-on dolgozó matematikussal, egyben a BRL egyik prominens kutatójával folytatott. [6] Neumann azonnal felismerte, hogy az ENIAC nemcsak az eredeti fejlesztési célként kitűzött trajektória kalkulációk (röppálya-számítások) során tölthet be döntő fontosságú szerepet, hanem éppúgy hozzájárulhat a magfúziós reakciókkal kapcsolatos szimulációk elvégzéséhez, mint a kriptográfiához. Ezt követően az

ENIAC fejlesztésében szerzett tapasztalatok alapján megírta a modern számítógépek mai napig alkalmazott architektúráját bemutató *First Draft of a Report on the EDVAC* című tanulmányát. [7] További érdekesség, hogy egy Nicholas Metropolis⁸ által vezetett Los Alamos-i kutatókat tömörítő csoport, az ebben a tanulmányban lefektetett neumanni elvek alkalmazásával megépítette a sokatmondó MANIAC (Mathematical and Numerical Integrator and Calculator) néven ismert számítógépet, amelynek első feladata a hidrogénbombával összefüggő szimulációk végrehajtása volt. A „Mániákus” által végrehajtott számítások sikerét mi sem bizonyítja jobban, mint hogy az Ivy Mike kódnéven ismert első hidrogénbomba-tesztet követően, az Elugelab-sziget közel 80 millió tonna korallal együtt megsemmisült.

AZ ATLAS-TERV

A II. világháború haditechnikai kutatásainak és fejlesztésének eredményeként egy korábban elképzelhetetlen nagyságrendű fegyverezéssel összpontosult a vezető nagyhatalmak kezében. A nukleáris csapásmérő képesség egyetlen hordozóplatformja kezdetben a bombázórepülőgép volt. A repülőerők – és a repülőgépek fedélzetén szállított nukleáris fegyverek – alkalmazását azonban az időjárástól kezdve, az infrastruktúrán keresztül, a hatótávolságig számos korlátozó tényező befolyásolja. Ennek a felismerésnek, valamint a neumanni tudásnak és befolyásnak az elegyéből jött létre az első interkontinentális ballisztikus rakéta (Intercontinental Ballistic Missile – ICBM), az Atlas fejlesztési programja. A program célja egy olyan rakétahajtású nukleáris töltettel felszerelt hordozóplatform fejlesztése volt, amely kontinensnyi távolságok leküzdését követően képes a pontos csapásmérésre. Ez a grandiózus kihívás – számos egyéb szempont mellett – magába foglalta az új típusú hajtóművek fejlesztését, illetve a pontos célra vezetés és a hordozórakétával történő kommunikáció megoldását is. A leküzdésre váró problémák sokasága miatt az Egyesült Államok Légierője (United States Air Force – USAF), egyben a program finanszírozója, 10 évben határozta meg a kidolgozás határidejét. Ekkortájt került Neumann János a stratégiai szintű rakétaképességet értékelő bizottság, a „Teáskanna Bizottság” élére, és mindent megtett annak érdekében, hogy az Atlas hordozórakéta fejlesztését az USAF kiemelt prioritással kezelje. Tevékenységének köszönhetően, az első tesztkilövést sikerült az eredetileg tervezetthez képest 5 évvel korábban végrehajtani. [8] Maga Neumann János már nem érthette meg az első Atlasz rakéta levegőbe emelkedését (1958), mivel 1957. február 8-án, mindössze 53 évesen elhunyt.

TÖRTÉNELMI KONTEXTUS

Neumann haditechnikai hagyatékának történelmi kontextusra építkező értelmezése érdekében – az *Encyclopædia Britannica history of technology* szócikkére [9] épülő – technikatörténeti korszakfelosztást alkalmazom, amelyből kiemelem a relevánsnak ítélt időszakokat, és bemutatom az ún. Neumann-metódus elméletét.

GÉPKORSZAK

Ebben az időszakban ért be Neumann János géniusza. A tudós ekkoriban kezdett bele számos olyan tevékeny-

ségbe, amelyek vagy szoros kapcsolatot ápoltak a különböző haditechnikai szegmensekkel, vagy részét képezték azoknak. Érdemes visszautalnunk a BRL-nél megkezdett munkájára, ahol nemcsak első ízben ismerkedett meg a katonai közeggel, de – többek között – megismerte az irányított robbantások elméletét és gyakorlatát. Ebből következett a lökeshullámok bonyolult hidrodinamikájának tanulmányozása, majd a kifejezetten harcokcsik ellen alkalmazott lövedékek fejlesztésének támogatása. A páncélos erők hatékony pusztítását biztosító lövedékek kidolgozása kulcsfontosságú volt a II. világháborúban, mivel a harcokcsif fejlesztés terén a szövetséges hatalmak lépéshátrányba kerültek a tengelyhatalmakkal szemben. [10] Különleges epizódként tartják számon, hogy a háború egyik legvéresebb periódusában Neumann hat hónapot töltött Nagy-Britanniában, és az ottani munkáját nagyrészt még most is homály fedi. Szinte biztosra vehető, hogy matematikusi elméje segítette a Királyi Haditengerészet munkáját a német aknafektetési minták, és a tengeralattjárók sifrírozó eljárásának visszafejtésében. [11] Utóbbi tevékenységével összefüggésben feltételezhető, hogy nemcsak találkozott, de együtt is dolgozott az Enigmát feltörő briliáns angol matematikussal, Alan Turinggal⁹, akit sokan a modern számítógép-tudomány egyik atyjának tekintenek. Már ebből a felsorolásból is jól kirajzolódik, hogy Neumann nem félt tudását és tehetségét olyan haditechnikai kutatások szolgálatába állítani, amelyek emberéleteket óvtak meg, ugyanakkor emberéleteknek vetettek véget.

ATOMKORSZAK

A sikeres Trinity-tesztet követően még egy hónap sem telt el, és az Amerikai Egyesült Államok elnöke, Harry S. Truman utasítást adott az atomfegyver Japán Császárság elleni bevetésére. A célpontok kiválasztásába Neumann is bevonták, aki – különböző megfontolások mellett – Kiotó, Hirosima, Jokohama és Kokura bombázását javasolta. Egyéb befolyásoló tényezők miatt azonban először Kiotót, majd Jokohamát is eltávolították a célpontok listájáról. [2] Neumann második javaslata azonban a listán maradt, és az Enola Gay-nek nevezett, B-29 Superfortress típusú bombázó 1945. augusztus 6-án sikeresen eljuttatta gyilkos terhet Hirosima légtérébe. A célpontokat kijelölő bizottság – vagy még inkább a lökeshullámok tanulmányozásában nagy tapasztalatot szerzett Neumann János – tanácsa alapján a bombát a pusztítóerő maximalizálása érdekében a város felett detonálták, így a közel 13 kilotonna robbanó-

3. ábra. Hiroshima gombafelhője [12]



erővel bír, Little Boy elnevezésű bomba a becslések szerint legalább 90 ezer Hirosimai lakos életét követelte. (3. ábra)

Kokura szintén a célkeresztbe került, de az ott lakókat a bombázókötél bevetésekor uralgó időjárási viszonyok megkímélték a 21 kilotonnás Fat Man nevű bombától, így ezt a fegyvert végül Nagaszaki felett robbantották. Az 1945. augusztus 9-én 10:58 perckor bekövetkező detonációnak közvetlen eredményeként nem kevesebb, mint 40 ezer ember került fel az atombombák áldozatainak listájára. A Hiroshima és Nagaszaki pusztulását követően leereszkedő „vasfüggöny” mindkét oldalán katonai teoretikusok, tudósok és mérnökök egész hadserege dolgozott azokon az eszközökön és eljárásokon, amelyek a szembenálló felek totális megsemmisítését célozták. Ebben az armadában – nem meglepő módon – ismét kiemelkedő szerepe volt Neumann Jánosnak, mivel az ICBM-képesség megteremtésével közvetlen, a játékelmélet logikai arzenáljának hadászati interpretációjával közvetett módon járult hozzá a modern nukleáris elrettentés triászának¹⁰ megteremtéséhez. Ennek kapcsán fontos megjegyezni, hogy miután – a hidegháború fegyverkezési versenyében tevékeny szerepet vállaló – RAND Corporation¹¹ kutatói felismerték a játékelméletben rejlő katonai alkalmazás potenciálját, a Neumann – Morgenstern által lefektetett matematikai alapokra épültek fel a hadászati és harcászati modellek.

INFORMÁCIÓS KORSZAK

A Teller Ede¹² által megálmodott és „szuper” néven ismertté vált termonukleáris fegyver, a hidrogénbomba már olyan számítási igényt támasztott a kutatókkal szemben, amelyet az atombomba fejlesztése során leginkább alkalmazott lyukkártyás mechanizmussal képtelenség volt kielégíteni. Ebből a felismerésből származik a hatékonyabb számítógép, hatékonyabb bomba függőségi kapcsolata, amely alapjaiban meghatározta az 1950-es évek számítástechnikai fejlesztéseit. Neumann – aki a katonai preferenciákon túlmutatóan is előre látta a számítógépek alkalmazásában rejlő potenciált – minden szakértelmét és teljes befolyását felhasználta, hogy a különböző mozaikszavak alatt fejlesztett eszközökhöz (pl.: ENIAC, EDVAC, MANIAC, JOHNNIAC) tudás- és forrástókat rendeljen. Ennek köszönhetően Teller projektje révbe ért, és a már hivatkozott Ivy Mike tesztet siker koronázta. Ezt követően – bár első hallásra némileg ellentmondásosan, de mégis – egyre inkább kitért az ajtó a számítógépek békésebb, köznapibb célú felhasználása előtt. Ezt az állítást igazolja, hogy a számítógép-tervezéssel foglalkozók „Neumann-architektúráként”¹³ hivatkoznak a modern információs eszközöket meghatározó alapokra.

A NEUMANN-METÓDUS ELMÉLETE

Az elmélet a Neumann által előszeretettel alkalmazott problémamegoldási eljárásrendet értelmezi, amely optimális esetben segítséget is nyújthat minden – nem csak haditechnikai – kutatás-fejlesztésben érintett szereplőnek. Az alap gondolatot az építészekről és tervezőmérnökökről gyakran hallható „a forma követi a funkciót” elv segítségével érdemes bemutatni. Ez az elv egy bostoni származású építészhez, Louis Sullivanhez¹⁴ köthető, aki szerint egy magas épület külső kialakításának (formájának) igazodnia kell a falain belül zajló tevékenységhez (funkciókhoz). [13] Amennyiben nem csak az építészeti felfogást visszatükröző megfogalmazásra koncentrálnunk, akkor univerzális módon megfogalmazva úgy is szavakba önthetjük a lénye-

get, hogy a „kalkulációt követi az eredmény”, vagy „a problémát követi a megoldás” és a hétköznapokban ez a legtermészetesebb problémamegoldási eljárásunk. Ezzel szemben áll a jóval kevésbé természetesnek tűnő sullivani elv inverze, amely szerint „a funkció követi a formát” és ezt – az előbbi analógia alapján – úgy is értelmezzük, hogy „a megoldást követi a probléma”. A Neumann-metódus elmélete mégis erre a gondolatra épül fel, hiszen a névadó nagyon sokszor alkalmazta ezt a megközelítést. Ennek szemléltetéseként kézenfekvő Neumann-nak a Manhattan-terv kapcsán betöltött szerepére visszautalni, ahol a forma, vagyis az implóziós elvre épülő megoldás készen volt, de a funkció, vagyis a probléma még műszaki megoldásra várt.

ÖSSZEZÉS

Neumann János életének alig több, mint 53 éve elégnek bizonyult ahhoz, hogy neve – közvetve vagy közvetlenül, de – mindörökké egybeforrjon az olyan haditechnikai fejlesztésekkel, amelyek az elmúlt hat évtizedben több milliárd ember életét befolyásolták, sőt napjainkban is befolyásolják. Nélküle talán nem létezne a nukleáris triász alapú elrettentés mechanizmusa, amely alapjaiban határozta meg a szuperhatalmak közötti kényes egyensúly dinamikáját. A jelen sorok írásakor manifesztálódó újabb atomfenyegetés árnyékában Neumann haditechnikai öröksége szomorú aktualitással bír, és ennek kapcsán érdemes felidézni Robert Oppenheimer, a Los Alamos-i kutatásokat vezető elméleti fizikus – egyben Neumann munkatársának – szavait, aki szerint „[az emberiség] egy palackba zárt két skorpíóhoz hasonlítható, amelyek a saját életük kockázatásával képesek egymás életét kioltani”. [14] Oppenheimer félelmét Neumann sokáig nem osztotta, és a szovjet nukleáris elrettentő erő kiépítéséig a megelőző csapás híveként egy ponton elkerülhetetlennek látta az atomháború megvívását. [15] Szerencsére prognózisa nem vált valóra, és mivel az atombombák pusztítását saját bőrükön megtapasztaló hibakusák – vagyis Hiroshima és Nagaszaki túlélői – egyre csak fogyatkoznak, így ma már kevésbé tudjuk magunk elé képzelni a nukleáris fegyverek erejét. Ezzel a gondolattal sok szempontból érdekes és értékes kapcsolatot ápol Thomas C. Schelling¹⁵, a játékelmélet területén elért eredményeiért közgazdasági Nobel-díjjal elismert kutató értékelése, amely szerint, ha Hiroshima és Nagaszaki rettenete kiesik a köztudatból, akkor semmi sem garantálja, hogy mindannyian osztozunk majd a nukleáris fegyverek bevetését illető egyetemes elutasításban. [16] Vannak azonban olyanok is, akik az aktuális konfliktusoktól függetlenül – és talán tudtukon kívül – máig hűen ápolják Neumann János haditechnikai örökségét. Ők azok a tudósok, akik a neumanni-elvek alapján megalkotott szuperszámítógépek segítségével, a Neumann hozzájárulásával létrehozott atomfegyverek előregedési kérdéskörével összefüggő simulációkat futtatják és értékelik. [17]

Ettől függetlenül mégis hiba lenne csak nukleáris aspektusból értékelni Neumann (haditechnikai) hagyatékát, mivel páratlan matematikai képessége és egészen egyedi analitikus szemlélete arra predesztinálta, hogy mások által megoldhatatlannak tűnő problémákra találjon megoldást, illetve lefektesse az alapokat azok számára, akik később megoldással tudnak szolgálni. Ennek tudatában talán a legfontosabb, hogy az okostelefontól kezdve, a modern önjáró lövegek tűzvezető számítógépén keresztül, egészen az űr feltérképezésére indított szondáig, minden Neumann-architektúrára építkező eszköz magában hordozza a magyar származású tudós kiemelkedő tehetségét.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Bhattacharya, A. *The man from the future: the visionary life of John von Neumann*, Egyesült Királyság, Penguin Books, 2022.;
- [2] Macrae, N.: *John von Neumann: the scientific genius who pioneered the modern computer, game theory, nuclear deterrence, and much more*, USA, American Mathematical Society, 1999.;
- [3] Bliek, J. (szerk.) *AGARD The History 1952-1997*, The NATO Research and Technology Organization, 1999.;
- [4] Kott, A. *From Science to Overmatch: A Case Study of the Ballistic Research Laboratory Prior to and during World War 2*. DEVCOM Army Research Laboratory, 2022. <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1167361.pdf> (Letöltve: 2023.5.7.);
- [5] Jéki L. *Neumann János és a nukleáris fegyver*, Fizikai Szemle, LIII. (12), 2003.;
- [6] Mol, L. 'A Pretence of What is Not'? A Study of Simulation(s) from the ENIAC Perspective, N.T.M., 2019, doi: 10.1007/s00048-019-00226-7.;
- [7] Gowers, T. et al. (szerk.) *The Princeton companion to mathematics*, USA, Princeton University Press, 2008.;
- [8] Schuminszky N. *Az amerikai Atlas V hordozórakéta-család*, Haditechnika, LIV (5), 2020, <http://doi.org/10.23713/HT.54.5.09.>;
- [9] Buchanan, R. *History of Technology*, Encyclopædia Britannica, 2023, <https://www.britannica.com/technology/history-of-technology> (Letöltve: 2023.5.7.);
- [10] Irzyk A. *TANK vs TANK*, US National Archives and Records Administration, 1944, http://www.digitalhistoryarchive.com/uploads/2/5/4/1/25411694/article_by_us_army_tank_battalion_commander_-_tank_versus_tank_1946.pdf (Letöltve: 2023.5.7.);
- [11] Copeland, B. J. és Fan, Z. *Turing and Von Neumann: From Logic to the Computer*, Philosophies, 2023, <http://doi.org/10.3390/philosophies8020022.>;
- [12] *Los Alamos: Beginning of an era, 1943-1945*. Los Alamos National Scientific Laboratory, 1986. <https://www.atomicarchive.com/resources/biographies/vonNeumann.html> (Letöltve: 2023.5.7.);
- [13] Sullivan, L. *The Tall Office Building Artistically Considered*, Lippincott's Magazine, 1896. <https://ia800200.us.archive.org/34/items/tallofficebuildi00sull/tallofficebuildi00sull.pdf> (Letöltve: 2023. május 11.);
- [14] Oppenheimer, R. *Atomic Weapons and American Policy*, Foreign Affairs, XXXIV. (4), 1953, <http://doi.org/10.2307/20030987.>;
- [15] Blair C. *Passing of a Great Mind*, Life Magazine, 1957, <https://qualiacomputing.com/2018/06/21/john-von-neumann/> (Letöltve: 2023.5.7.);
- [16] Schelling, T. C. *An astonishing 60 years: The legacy of Hiroshima*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, CIII. (16), 2006, <http://doi.org/10.1073/pnas.0600437103>;
- [17] *Techmonitor This New Supercomputer Will be the World's Most Powerful; Will Simulate Nuclear Explosions*, 2022, <https://techmonitor.ai/technology/worlds-most-powerful-supercomputer-cray-doe-nuclear> (Letöltve: 2023.5.7.).

JEGYZETEK

- 1 Hungarikumok Gyűjteménye: Neumann János életműve az informatika és a számítógépek világában, <http://www.hungarikum.hu/hu/neumann-janos-életműve-az-informatika-és-számítógépek-világában>.
- 2 1999. John von Neumann, Polymath and inventor. With contributions to mathematics, the atom bomb and the computer, the FT Person of the Century encompassed the intellectual brilliance and human savagery that defined our times, <https://ig.ft.com/sites/person-of-the-year/>.
- 3 Varga János: János mint hadmérnök – A legsokoldalúbb matematikus. Természet Világa 154. évfolyam 5. lapszám (2023. május) 207. o.
- 4 A Teakanna Bizottság (Teapot Committee) a Strategic Missile Evaluation Committee kódneve volt, amelyet 1953 októberében az Egyesült Államok légierijének kutatási és fejlesztési miniszterhelyettese, Trevor Gardner hozott létre a stratégiai rakéták tanulmányozására.
- 5 A levél egy olyan új német bomba (nukleáris fegyver) kifejlesztésének veszélyére hívja fel figyelmet, amelynek pusztító ereje addig elképzelhetetlen volt, egyben javaslatot tesz arra, hogy az USA is kezdje meg ezirányú fejlesztéseit. Bár magát a levelet Albert Einstein írta alá, de annak tartalmát vélhetően Teller Ede, Szilárd Leó és Wigner Jenő fogalmazta meg. <https://www.atomicarchive.com/resources/documents/beginnings/einstein.html>
- 6 Lax Péter Dávid (Budapest, 1926. május 1. –) Wolf- és Abel-díjas magyar születésű amerikai matematikus, a Courant Institute of Mathematical Sciences emeritus professzora.
- 7 Herman Heine Goldstine (Chicago, Illinois, 1913. szeptember 13. – Bryn Mawr, Pennsylvania, 2004. június 16.) amerikai matematikus és informatikus, az első számítógép, az ENIAC tervező és megvalósító csoport tagja.
- 8 Nicholas Constantine Metropolis (1915. június 11. – 1999. október 17.) görög-amerikai fizikus, az általa vezetett kutatócsoport fejlesztette ki a Monte Carlo-módszert.
- 9 Alan Mathison Turing (Maida Vale, London, 1912. június 23. – Wilmslow, Cheshire, Anglia, 1954. június 7.) angol matematikus, a modern számítógép-tudomány egyik atyja. A második világháború alatt résztvevője volt annak a Bletchley Park-i kódfejtő csoportnak, amely a náci titkosító eszközeit, az Enigmát feltörték, évekkel lerövidítve ezzel a háborút.
- 10 A nukleáris triász szárazföldről indított interkontinentális ballisztikus rakétákból, nukleáris rakéták indítására alkalmas tengeralattjárókból, és nukleáris bombákkal, rakétákkal felszerelt repülőgépekből áll. A triász célja az, hogy bármelyik eszköz akadályoztatása vagy megsemmisülése esetén, a többi képes legyen garantálni a nukleáris válaszcsoport elrettentő erejét.
- 11 RAND Project (1946), később RAND Corporation (1948) egy kutatás-fejlesztésre fókuszáló, mai napig működő, amerikai székhelyű nonprofit szervezet.
- 12 Teller Ede (Budapest, 1908. január 15. – Stanford, Kalifornia, 2003. szeptember 9.) magyar-amerikai atomfizikus, aki a hidrogénbomba-kutatásokban való aktív részvétele miatt „a hidrogénbomba atyjaként” vált ismertté.
- 13 A Neumann János és társai által 1945. június 30-án publikált „*First Draft of a Report on the EDVAC*” című kiadványban a Neumann-architektúra szerint egy digitális számítógép aritmetikai-logikai egységből, vezérlőegységből, operatív tárolókból, háttértárból, illetve a perifériákhoz tartozó be- és kiviteli mechanizmusokból áll.
- 14 Louis Henry Sullivan (1856. szeptember 3. – 1924. április 14.) amerikai építész, akit a „felhőkarcolók atyjának” és a „modernizmus atyjának” is neveznek. Frank Lloyd Wright és Henry Hobson Richardson mellett Sullivan az „amerikai építészet elismert hármásának” egyike.
- 15 Thomas Crombie Schelling (1921. április 14. – 2016. december 13.) amerikai közgazdász, a külpolitika, a nemzetbiztonság, a nukleáris stratégia és a fegyverzetellenőrzés professzora a Marylandi Egyetemen. 2005-ben közgazdasági Nobel-emlékdíjjal ismerték el játékelméleti elemzéseit.

Sarus Ferenc*

A Mészáros hadigőzös

I. rész

BEVEZETÉS

Az 1829. március 13-án alapított Császári Királyi Első Szabadalmazott Duna Gőzhajózási Társaság (DGT)¹ megalakulásával kezdetét vette a rendszeres gőzhajózás korszaka a Dunán². A Duna mindig is fontos, természetes felvonulási és utánpótlási útvonalat jelentett a harcoló felek számára. A korabeli hiányos úthálózat, és a meglévő utak rossz állapota miatt az 1848–49. évi forradalom és szabadságharc szükségszerűen magával hozta a gőzhajók bevonását is a harci cselekményekbe. Ebben az időszakban a Habsburg Birodalom nem rendelkezett modern folyami flottillával. A folyók védelme az 1763-ban alapított titeli³ sajkás határőr zászlóalj feladata volt. Az alakulat – amelyet elsősorban a törökök ellen hoztak létre – a korszakban már elavultnak számító evezővel és vitorlával felszerelt, illetve vitorla nélküli sajkákkal rendelkezett, amelyek egy vagy több ágyút hordoztak. A legénység kizárólag szerb nemzetiségűekből állt. Mivel a fent említett alakulat már a szabadságharc kezdetén elköteleződött a szerb felkelők, majd 1848. szeptember végétől a Habsburg-ház oldalán, ezért az újonnan alakult magyar kormányknak intézkednie kellett, hogy biztosítsa a folyóink feletti ellenőrzést, valamint a folyami áruszállítás biztonságát. A DGT-vel folytatott tárgyalások nyomán, a társaság

a legkorábban épült, a *Franz I.* nevű gőzösét adta el a magyar kormányknak, hogy átalakítsák hadi célokra. A DGT óbudai hajógyára 2 hónap alatt sikeresen átalakította az egységet az új céloknak megfelelően. Az immár *Mészáros hadigőzös*-re átkeresztelt hajó vízre bocsátásának dátuma (1848. július 25.) a mai napig a magyar hadihajózás emléknapja. Jelen tanulmány a Mészáros hadigőzös 1848–49-es szabadságharc időszakában végzett tevékenységét mutatja be, valamint betekintést nyújt a Duna korabeli hajózási viszonyaiba, és a korai gőzhajók általános hajózási tulajdonságaiba is. A Mészáros hadigőzös európai viszonylatban bizonyíthatóan az első felfegyverzett folyami gőzhajó volt, és az öröksége napjainkig tovább él a folyami flottillákban.

A DUNA 1848–49-BEN

A XIX. század derekán a Duna medervonala még egészen eltért a maitól. A folyamszabályozási munkák éppen csak elindultak nagy folyóinokon. Budán és Pesten a mai kövezett, magas falú rakpartok helyén még természetes fővény szegélyezte a Dunát, a rakpartok kiépítése – a Lánchíd építésének köszönhetően – éppen csak elkezdődött. Egyéb állandó köhíd egészen Regensburgig nem épült, mindenütt hajóhidak és kompok biztosították az átkelést a folyam két partja között. A Duna mellékágait még nem rekesztették el a főágtól, új szigetek épültek és tűntek el a nagyobb árvizek idején, és számos olyan település volt elérhető a mellékágakon keresztül, amelyek mára már több kilométerre találhatók a folyótól. Sok helyen a meder még sziklákat rejtett, amelyek alacsonyabb vízálláskor végzetesek lehetnek a hajók számára.⁴[5] A Dunán akkoriban még javában örölte a hajómalmok, amelyek helyenként szintén jelentősen korlátozták a rendelkezésre álló hajóútszélességet.⁵ [15] A korabeli viszonyok naprakész ismereteket követeltek meg a kor hajóseitől, ismerniük kellett az adott szakasz zátonyait, szikláit, örvényeit, ha biztonságban kívánták elkormányozni hajójukat a következő kikötőig.

1. ábra. Művészi ábrázolás a Franz I gőzhajó eredeti állapotáról [20]



ÖSSZEFOGLALÁS: Az Országos Hadigőzös Mészáros a maga korában – az 1800-as évek első felében – forradalmasította a folyami hadviselést a Dunán. A megjelenésével lényegében megszüntette az addig még erősen középkori alapokon nyugvó folyami hadviselési formát, és megnyitotta az utat a modern folyami flottillák kialakulása felé. A szerző, tanulmányában a hadigőzös 1848–49-es szabadságharc időszakában végzett tevékenységét mutatja be, valamint betekintést nyújt a Duna korabeli hajózási viszonyaiba, és a korai gőzhajók általános hajózási tulajdonságaiba is.

KULCSSZAVAK: folyami hadihajók, hadigőzös, 1848–49-es szabadságharc

ABSTRACT: The „Országos Hadigőzös Mészáros” has revolutionized the riverine warfare on the river Danube. Its appearance heralded the end of the era of medieval style warships on the river and paved the way for the contemporary riverine flotilla. In his study, the author wishes to present the activities of the steamer during the War of Independence in 1848-49, as well as provide insight into the shipping conditions of the Danube at the time and the general navigational characteristics of early steamships.

KEY WORDS: river gunboats, armed steamer, 1848-49 War of Liber

* Közgazdász, folyami hajóskapitány. ORCID: 0000-0002-8805-5019

Különösen fontos volt, hogy a hajósok tisztában legyenek a folyók szakaszjellegeivel, vagyis, azzal, hogy az adott folyó hol rombolja a medret, illetve hol rakja le az általa szállított törmelékét, hordalékot. A Duna esetében ez a mai napig fontos szempont a hajózási szakterületen dolgozók számára. [19]

Azt se felejtjük el, hogy abban az időben a Magyar Királyság – Dévénytől Szörényvárig – a Duna hosszának közel a felét tartotta ellenőrzése alatt⁶. (2. ábra) Akkoriban még nem voltak modern eszközök, amelyek segítették volna a hajósokat, így a tapasztalat, illetve a különböző folyamszakaszok ismerete mindennél többet ért.

A MÉSZÁROS HADIGŐZŐS ÁTÉPÍTÉSE

A Mészáros eredetileg a DGT Franz I. nevű lapátkerekes gőzhajójaként kezdte pályafutását. A szabadságharc idejére a Franz I., mint a flotta legidősebb tagja, már annyi átalakításon ment keresztül, hogy lényegében a nevén kívül más nem maradt az eredeti, 1830-ban épült fatestű hajóból. A hadigőzös alapjául szolgáló hajótestet 1841-ben készült vasból, és egy 60 LE teljesítményű, széntüzelésű, valószínűsíthetően Cornwall típusú gőzgép hajtotta. [1] [21] (1. táblázat)

1.táblázat. A Mészáros hadigőzös technikai adatai (A szerző szerkesztése [8] alapján)

Hosszúság [m]	58,36
Hajótest szélessége [m]	7,92
Hajótest szélessége a kerékdoboknál [m]	13,82
Merülés [m]	1,1
Főgép teljesítménye [LE]	60
Holtvízi sebesség [km/h]	9
Víz kiszorítás [t]	318

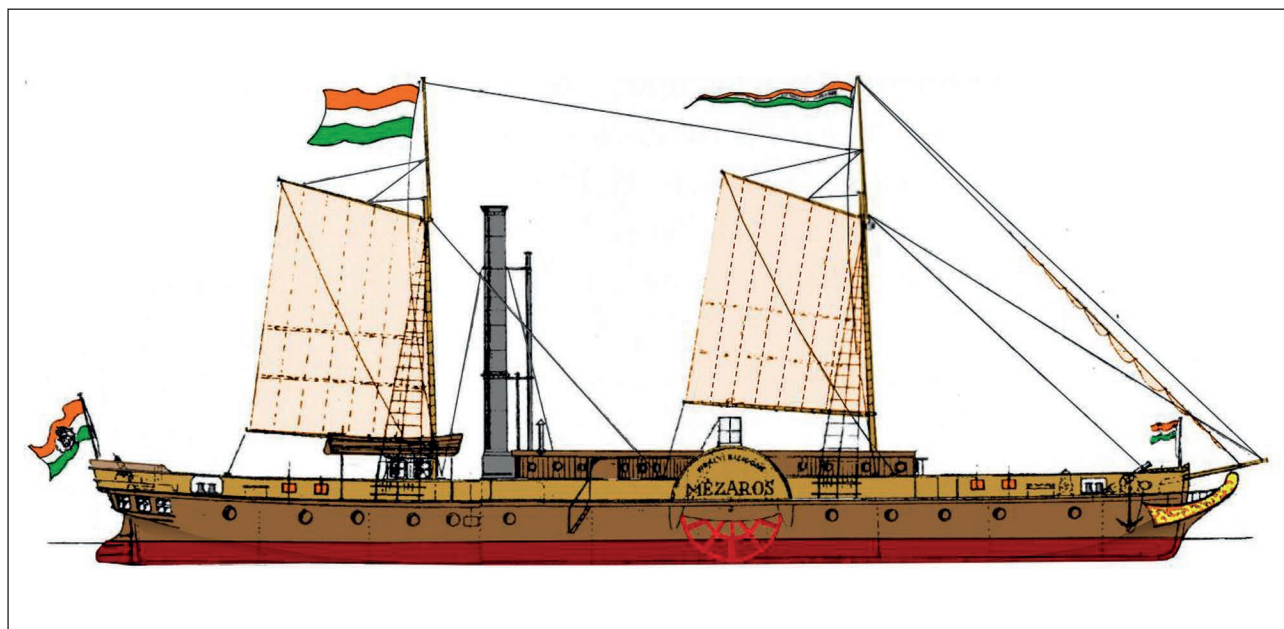
A Batthyány-kormány a Franz I.-et 60 000 forintért vásárolta meg a DGT-től, annak érdekében, hogy hadihajóvá alakíttassa azt az Óbudai Hajógyárban. [21] Az eredeti elképzelés szerint a kereskedelmi hajókat védelmezte volna a Dunán, de a titeli sajkások 1848. júniusi, a szerb felkelők oldalára történt átállása, valamint a délvidéki események eskalálódása miatt, végül éles helyzetekben is bevetették az egységet. [4] [6]

Az eredetileg személy- és áruszállításra épített gőzhajó belső hajótereit átrendezték, az egykori utasterek és raktárak helyén kialakították a legénységi és tiszti szálláshelyeket, valamint egy kórterem, egy műtő és egy kápolna is létesült a hajón. A munkálatok irányításával Mészáros Lázár hadügyminiszter Primus Adamich mérnökkari őrnagyot, Mollináry Károly egykori sajkás alezredest, valamint Navarra századost és Kenessey Béla tengerész kapitányt bízta meg. [3]

Fegyverzetként 8 darab hatfontos ágyút (4–4 a hajó oldalán), 2 darab 12 fontos ágyút (a hajó orrában) és 2 darab hétfontos tarackot (a hajó farán) állítottak fel a fedélzeten, amely abban a korban jelentős tűzerőt jelentett. A hajóra rakott nehéz ágyúk miatt a fedélzetet több helyen aládúcolták, megerősítették. Mivel az egység tömege már így is jelentősen megnövekedett, ezért kénytelenek voltak lemondani a páncélzatról. A hajó fegyverzetének javadalmasaként a hatfontos ágyúk számára 1280 darab ágyúgolyót és 16 kartácsot, a 12 fontos ágyúkhoz 140 darab golyót és 20 kartácsot, míg a hétfontos tarackokhoz 160 gránátot és 20 kartácsot, továbbá 8 láda gyutacsot, 12 gombolyag gyújtózsínort és a díszlövészek leadására 46 darab hatfontos vaktöltést biztosítottak. A kézfegyverek számára 6000 pisztolytöltény, 2400 gyalogsági töltény, 20 font puska és 150 font ólom állt rendelkezésre. [9]

A hajó legénységéhez tartozott 1 fő hajóvezér, 1 fő első és 1 fő másod erőművész (gépész), 1 első, 1 fő másod és 1 fő önkéntes kormányos; 2 fő ács, 1 fő vitorlamester, 6 fő fűtőlegény, 9 fő hajóslegény, 1 fő szénhúzó, 1 fő hajós ifjanc. A tüzérség állományához 1 alhadnagy, 1 tüzemester, 3 tizedes, 3 főpattantyús (tüzér, ágyúkezelő), 27 alpattantyús, 1 tisztiszolga tartozott. A gyalogságot 1 őrmester hajósegéd, 2 tizedes, 1 dobos, 40 közvitéz képviselte. Tiszti tele-

2. ábra. A korabeli leírások alapján rekonstruált színezett rajz a Mészáros hadigőzös átépítéséről [17]



pet 1 kapitány hajóparancsnok, 1 tábori lelkész, 1 számvevő tisz, 1 számvevő segéd, 1 fősebész, 1 alsebész, 1 hajósegéd alkotta. A hajó főparancsnoka Pálóczy László százados, a Turszky 62. gyalogezredből, őt Máray Zsigmond sajkás hadfi támogatta parancsnok segédként, őrmesteri rendfokozatban. A hajó tüzérségét Orsonits Gáspár honvéd tüzérhadnagy irányította. A hajó tényleges irányításáért Lekman János hajóskapitány felelt.

A hadigőzöst 1848. július 25-én bocsátották vízre, nevét Mészáros Lázár hadügyminiszter⁷ után kapta, így lett *Királyi Hadigőzös Mészáros*. Később a hajó nevét *Országos Hadigőzös Mészáros*-ra változtatták. Az egység végül 1848. július 30-án indult el a Délvidék felé, hogy megkezdje az első őrzőjáratát. (1. ábra)

Pálóczy hajóparancsnok a következő utasítást kapta induláskor Mészáros Lázár hadügyminisztertől:

„A Mészáros Hadigőzhajó parancsnokának. Valamint már előbbi értekezéseimben nagyobb részint kimerítettem általános nézeteimet a hadihajónak működésére, rendeltetésére és biztonságára nézve, midőn azokat ismétlem, nem mulasztatom el újra emlékeztetébe hozni a parancsnokságnak, miszerint azon intézkedések, a melyek a fennebbi czélok elérésére szükségesek, annál nagyobb szorgalommal és pontossággal megtétessenek, hogy ezen első hadigőzhajónak fenntartása, más részről pedig a Duna hajókázása és mind két partjának ellenségtől megóvása sikeresen eszközölthessék, főfeladata ennél fogva tehát a százados úrnak ezekre kellően figyelmeznit és ha a hadigőzhajónak veszélyeztetése nélkül Péterváradot elérheti, ott szinte a fenn elsorolt cél elérésére működjék, más különben pedig minthogy ott báró Hrabovszky János hadnagyvezér és főhadiparancsnok rendelkezése alá esik, jelentse be ő méltóságának a hadigőzhajó állapotát, megtámadási és védelmezési erejét, ne titkolja el, a főhadiparancsnok urat a hadihajó más tulajdonai felől is oly kimerítőleg értesíteni, a mely által a vízeni egész működését felvilágosítsa, hogy a hadnagyvezér úr ezáltal a hadihajó egész használatát belátása szerint elintézhesse.

Felhívom továbbá százados urat, szoros felelősség terhe alatt mindazon intézkedéseket megtenni, a melyek a fennidézett célra vezetők lennének, ha pedig Péterváradra nem mehetne, és ott vesztegelnie kellene, tehát a Dunán felfelé czirkáljon akár egész Pestig, a hol az utazásban észrevett hibákat lehetőleg orvosoltni fogja és magát a szükségességgel ellátandja. Az elkövetett vagy történt hibára nézve utolsó beszélgetéseinkre hivatkozok, elvárva tudósítását minden állománnyról. Végtére az előforduló ellenséges erőre nézve kikötöm a hajó biztonságát szem előtt tartani s inkább visszatérni, mintsem veszélyeztetni, okot adván, hogy hibák mutatkoztak, melyek orvoslását itten kelleit eszközölni.

Pest julius 31. Mészáros s. k.”[9]

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Csillag Miklós, Varró József. „Franz I” A Császári-Királyi Szabadalmazott Első Dunagőzhajózási Társaság Első Gőzhajója, Közlekedési Múzeum 1968.;
- [3] Hámosi Péter. A magyar hajózás képes története Nemzeti Tankönyvkiadó 1999. ISBN: 963-190-311-7;
- [4] Dr. Balogh Tamás. 2016. A modernkori magyar hadihajózás hajnala (1848–1914) pp. 30–34. In: Szilágyi Zsolt Lajos (szerk.): Hajózni szükséges!

A magyar hadihajózás története Zrínyi kiadó 2016. ISBN: 978-963-327-655-6;

- [5] Deák Antal András. A Duna Fölfedezése Vízügyi Múzeum, Levéltár és Könyvtár gyűjtemény 2004. ISBN: 963-217-033-4;
- [6] Feith László. A Mészárossal kezdődött Magyar Honvéd XXIV. évf. 7. szám, 2013. július pp. 46–49.;
- [7] Horváth Csaba. A Dunai Monitorok múltja és alkalmazásuk mai lehetőségei Műszaki Katonai Közlöny 2000 Évf. 10 szám p. 4;
- [8] Urbán Aladár. A MÉSZÁROS Hadigőzös 1848-ban, Hadtörténeti Közlemények 34. évf. 4. sz (1987);
- [9] Pelz Béla. Az első magyar hadihajó. „Királyi magyar hadigőzös Mészáros” 1848. Hadtörténeti Közlemények, XIX. (1918) pp. 98–109.;
- [15] Magyar néprajz, Kéziszótár: Hajómalmok <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/MagyarNeprajz-magyar-neprajz-2/iii-kezmuvesseg-25ED/a-falu-es-mezovaros-ellatasaban-jelentes-kezmuvesseg-nyersanyag-eloallito-es-feldolgozo-munkaja-2726/vizimalmok-276D/hajomalmok-2788/> (Letöltve: 2022. 12. 25.);
- [17] Forrás: TIT Hajózástörténeti, Modellező és Hagyományőrző Egyesület;
- [19] Daruka Norbert. A Magyar Hadihajózás helyzete az I. világháborúban; Műszaki Katonai Közlöny XXIV. évfolyam, 2014. 2. szám pp. 81-92. ISSN 2063-4986 http://www.hhk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/PDF_2014_2sz/4_A%20magyar%20hadihajozas%20.pdf (Letöltve: 2023. 2. 12.);
- [20] Forrás: Duna Múzeum;
- [21] Tanai Anna. Franz I. – Az első rendszeresen közlekedő dunai gőzhajó; https://vizmerce.blog.hu/2019/03/13/franz_i_az_elso_rendszeresen_kozlekedo_dunai_gozhajo(Letöltve: 2023.2.15.).

JEGYZETEK

- 1 Németül Donaudampfschiffahrtsgesellschaft DDSG.
- 2 Az első dunai gőzhajó a *Carolina* volt.
- 3 Titel (szerbül Тител, németül Theisshügel) település ma Szerbiában, a Vajdaság Dél-bácskai körzetében. A várossal szemben, a bánáti oldalon ömlik a Béga a Tiszába, néhány km-rel délre, a Tisza torkollik a Dunába. Az IRON CAT szerb–magyar hadihajós nemzetközi gyakorlat helyszíne is itt található, ugyanis itt helyezkedik el Szerbia vízi lötere.
- 4 Az alacsonyabb vízálláskor a Dunából kilátszó Ínség szikla az utolsó képviselője annak a sziklacsoportnak, amely a Gellért-hegy lábának a benyúlása a Dunába, ezeket a sziklákat a XIX. század végén robbantották fel, eltávolítva azokat a hajózási útból, de akkor még igencsak nagy veszélyt jelentettek a jobb part mellett haladókra.
- 5 A hajómalmokat mindig a sodorvonalhoz közel telepítették, hogy a víz minél jobban meghajtsa a malomkereket. Ez egyben a folyómeder legmélyebb részét is jelentette, amely különösen kisvízes időszakokban jelentősen lecsökkentette a közlekedő hajók rendelkezésre álló hajóútját, ráadásul a hajómalmokat rendszerint csoportosan telepítették.
- 6 Dévénytől Szörényvárig még napjainkban is közel 1000 km-es ez a folyamszakasz, a szabályozások előtt azonban még hosszabb volt. Ebből a Mészáros körülbelül 600 kilométert járt be a Fischa torkolata és Pétervárad között.
- 7 Pacséri Mészáros Lázár Ferenc Xavér József (Baja, 1796. február 20. – Titley, Anglia, 1858. november 16.) honvéd altábornagy, hadügyminiszter.

A német alárendeltségbe léptetett magyar királyi I. gyorshadtest tevékenysége

V. rész

Irány a Sztálin-vonal!



14. ábra. 38M Toldi harckocsi a keleti fronton, 1941-ben [Forrás: Fortepan 78326]

1941-ben – az ún. Barbarossa hadművelet keretében – a magyar királyi I. gyorshadtest két (páncélozott) felderítő-zászlóalja – július 9-től a német Dél Hadsegregsoport alárendeltségében – részt vett a Szovjetunió elleni hadműveletben. A tanulmányorozat korábbi részeiben a szerző ismertette a német hadtestek és a magyar erők elhelyezkedését, valamint bemutatta a gyorshadtestet támogató repülőcsoport állománycsoportjait és eszközeit. A sorozat előző epizódja az 1941. július 13-i eseményekkel zárult, amikor a gyorshadtest csapatai parancsot kaptak a Kamenyec-Podolszki, valamint az attól északra eső területre történő begyülekezésre annak érdekében, hogy felkészüljenek a Sztálin-vonalon történő átjutásra.

A SZTÁLIN-VONAL

A Sztálin-vonal a régi, 1938. évi szovjet határ mentén a Balti-tengertől a Fekete-tengerig húzódó megerősített körletek összefüggő rendszere volt, amelyet a fontos hadászati, hadműveleti irányok lezárására érdekében alakítottak ki. [26]

1928–37 között – a Szovjetunió akkori határa mentén – 13 erődörletet hoztak létre, majd azokat 1938–39-ben további 8 körlettel egészítették ki¹³.

A megerősített körletek 45–160 kilométer szélességben zárták le az ellenség feltételezett, lehetséges támadási irányait, azonban a körletek harcászati mélysége csak 1–5 kilométer volt. A megerősített körletek előtt nagy kiterjedésű természetes és mesterséges akadályok helyezkedtek el, valamint változó összetételű műszaki záruk telepítésével tették azokat nehezebben leküzdhetővé. A körletekben az állandó (beton, vasbeton) kiépített tüzéllások és tűzfészek között a térközüket – a kiépített erődív megkerülésének elhárítása érdekében – tábori (fa, föld) erődítésekkel tervezték kiegészíteni, amiket a háború kitörésének veszélye időszakában a területet elfoglalására kijelölt csapatokkal építettek volna meg. Az állandó építésű erődöknek önálló, szervezetszerű erődcsapat állománya volt.

A Molotov–Ribbentrop-paktumot követően, immár az új német–szovjet határ létrejötte után az erődökben szolgáló állományt átszervezték – több mint egyharmadával csökkentették [27; 169. o.] – majd, a folyamatosan mozgósított, illetve újonnan alapított szervezetek állományába osztották be. Így a régi határ mentén 21 különböző készenléti állapotú megerősített körlet maradt, amelyek megépítettsége és állapota egymástól jelentős eltérést mutatott.¹⁴

1940 elején, az újonnan kitűzött határ mentén kijelölt területeken, megkezdték az új megerősített körletek kiépítését. A háború kezdetéig 2500 vasbeton építményt emeltek, amelyek közül 1000 darabot erődítésszerűséggel, míg a többit géppuskákkal tervezték felszerelni, de az építési munkákat már nem tudták befejezni. [27; 168. o.] Mivel az új erődök

15. ábra. Kilőtt T-26-os harckocsi a Kamenyec-Podolszki és Tulcsin közötti úton, 1941-ben [Forrás: Fortepan 78312]



* Nyá. alezredes. ORCID 0000-0002-3746-9588



felszerelésére nem állt rendelkezésre elegendő fegyverzet, a régi másodlagos irányban lévő erődörletekből kiszerezték az erődüzerségi löveganyagát, ezzel biztosítva a nyugati és délnyugati irányokban épített új erődörletek fegyverzetét. [27; 168. o.] Ezeket a védelmi létesítményeket azonban – mint arról a korábbiakban már szó esett – a németek „meglepetésszerű” támadásának ereje és hatékonysága miatt már nem tudták alkalmazni.

Az 1928–39 között, a régi határ mentén épült megerősített körletekről szóló az 1941. június 1-én kiadott jegyzék szerint, a *Kamenyec-Podolszki* körzetében kiépített erődörlet 60 kilométer szélességben zárta le az adott hadműveleti irányt, de a harcászati mélysége csak 3–5 kilométernyi volt. Az erődörletben 158 erődelemet építettek be. Az erődörvényben a tábori erődítések megszállására 3 géppuskás zászlóalj alkalmazását tervezték. [28; 74. o.]

A Dél Hadseregcsoport földi és a légi felderítésének fő erőfajta a régi lengyel–szovjet határ délnyugati részének, és mögöttes területének védelmére épített Sztálin-vonal sávjukba eső erődöveire, majd az attól délre fekvő területekre helyeződött át. A német alárendeltségben alkalmazott magyar királyi I. gyorshadtest várható tevékenységi irányába a *Kamenyec-Podolszki* térségében lévő megerősített körlet erődelemai estek.

A Sztálin-vonal megközelítése komoly erőfeszítéseket igényelt a támadó erők részéről, mert a nyílt, dombos, átszegdelt terep – amely esetenként mocsaras és nehezen járható terület volt, különösen a hadtest jobb szárnya előtt – a védelem számára volt kedvező, mert jó rálátást biztosított a nyugati irányból előretörő oszlopok felderítésére. Tovább nehezítette a megközelítést, hogy *Kamenyec-Podolszki* és a Sztálin-vonal között a támadási irányra mintegy 14–16 négy méternél szélesebb folyó és patak húzódott. Ezek a völgyek mind meredek partokkal rendelkeztek, és a hidak rombolása – a technikai eszközökkel történő megkerülhetetlenségük miatt – jelentős időhátrányt jelentett a támadó erők számára. A folyóakadályok leküzdése erősen igénybe vette a rendelkezésre álló, viszonylag kevés utász erőket, és a technikai eszközöket is. A védők mögötti keleti irányba nyúló terület azonban jó természetes védelmet és álcázást biztosító, sűrűn fedett terep volt, amit a szovjet csapatok maximálisan kihasználtak a halogató utóvédharcaik, és az ellenlökéseik végrehajtása során. [30; 26. o.]

Annak ellenére, hogy a szovjetek a határuk nyugatra történő kitolása után nem fordítottak kellő figyelmet az erődövek védelmi képességeinek szinten tartására, az első védőövben elhelyezett beton- és páncélkupolákkal ellátott erődök láncolata, és a hézagokban elhelyezett tábori építmények, valamint a második védőöv jobbra tábori erődítései, amiket az ide visszavonuló szovjet csapatokkal foglaltak el, komoly ellenállást feltételezett a támadó német csapatok részéről. [31. 22. o.] A Sztálin-vonalat megközelítve, a támadó csapatok is egyre határozottabban és szervezettebben harcoló utóvédekbe ütköztek. Ezekben a területeken már harckocsikötéleket és nehéztüzérségi eszközöket is alkalmaztak az ellenlökések végrehajtása során, illetve azok támogatására, valamint a légierő tevékenysége is megélnéült. [32; 34. o.]

A SZTÁLIN-VONAL MEGKÖZELÍTÉSE

Július 14-ére az 1. lovasdandár 3. huszárezrede elfoglalta a Zvancsik települést. „A lovas seregetest vezetése a korszerű háborúban természetesen nem történhet lóhátról!” – ahogy Vattay tábornok írta a Magyar Katonai Szemlében

megjelent cikkében –, ehhez felhasználták a korszerű katonai vezetés híradó eszközeit. Azonban a Zvancsikra való előrenyomulás során lezúdult sok csapadék miatt a feneketlen sárban még a terepjáró gépkocsik is elakadtak, ezért a dandárparancsnok kénytelen volt a parancsnokság lovas erőivel előremenni, ami lényegesen megnehezítette a csapatok vezetését. [33; 22. o.]

A kétnapos utcai harcban az ezred – a felderítő osztag áldozatait is beszámítva – 20 halottat és 18 sebesültet veszített. A szovjet páncélosokat Otkrov körzetébe felderítésére kiküldött osztag – a Pobujankán végrehajtott éjszakai dandár jobb szárnybiztosítása utáni reggel – folytatta a Zvancsiktól keletre eső terület terep felderítést. Birtokba vették a Szokolectól nyugatra lévő erdő szegélyét, és a 13. kerékpáros zászlóalj egyik századával közösen három szovjet harckocsit megsemmisítettek, és kettőt üzemképtelenné tettek. [34; 124 o.]

Mivel a dandár új feladata a Sztálin-vonalon való átjutás volt, a 3. huszárezred a délelőtt folyamán vissza kellett térjen Zvancsikba. [34; 124. o.] A 4. huszárezred is körletet foglalt, és 310 kilométer megtétele után 3–4 napi pihenőt kapott.

Az 1. gépkocsizó dandár változatlanul Dunajovce, Zalescse területén várakozott, mert a 101. könnyű hadosztály által végrehajtott Nova Usica-i hídrombolás, és a szovjet csapatok növekvő ellenállása miatt, támadásuk csak lassan nyert teret. A dandár 2. gépkocsizó zászlóalja a Kucsától nyugatra elfoglalt védelmi állásban keményen tartotta magát, ahol a nap során, és a következő napon is több, harckocsikkal is megerősített támadást vert vissza. [32; 34. o.] Közben a dandár 1. felderítő-zászlóalja már kijutott Minkovceig.

A 2. gépkocsizó dandár erőt az előző éjszaka érkezett parancsnak megfelelően visszarendelték *Kamenyec-Podolszkiba*.

Aznap a 2. felderítő-zászlóalj *Piszic (Piesiec) – Kurilovcse-Zilone (Kurylowce-Zielone)* vonalában még harcot vívott egy tüzérséggel megerősített szovjet utóvéddel. De ezt követően a 2. felderítő-zászlóalj és a 12. kerékpáros zászlóaljat Kitajgradba irányították, az alakulat tagjai ott várták be egymást. Végül csak a kiküldött felderítő járőrök maradtak a szovjet csapatokkal harcérintkezésben. [32; 124. o.]

A nap folyamán a hadtesthez a megerősítésül kapott erők közül beérkezett az *V. és a VIII. légvédelmi tüzérsztyály, valamint a 8. és a 9. önálló légvédelmi gépágyús üteg*. [32; 124. o.]

A váltásként kijelölt repülőszázadok megérkezését követően [35; 26. o.] megkezdődött a harcokban addig részt vett alakulatok lépcsőzetes visszavonása, váltása. [36; 88. o.]

Alapvetően a gyorshadtest felkészült a Szálin-vonalon történő átjutásra, és a keleti irányba való további előrenyomulásra.

A gyorshadtest parancsnoka már akkor jelezte, hogy a *VI. és a VIII. kerékpáros zászlóaljak* állománya időszerű, és a háború első két hetében végrehajtott feladatok során a kerékpárok erősen elhasználódtak. A fennálló gumihány és a gépkocsik üzemképtelensége miatt, már nem tudnak együtt haladni a többi gyorscsapatrésszel, ezért kérte leváltásukat. A Vezérkar főnöke azonban mindezt nem vette figyelembe. [36; 88. o.]

A német seregetestek ez idő alatt készítették elő a Sztálin-vonal több szakaszon történő áttörését, amely végrehajtása után a gyorshadtestet az erődrendszeren keletkezett részen keresztül tervezték alkalmazni. Elsőként a német 1. páncélos csoport tört át Zsitomiron keresztül Kijev felé, illetve az attól délnyugatra eső térségbe. [37] A gyorsan



16. ábra. Kamenec-Podolszkij látképe. A város bejáratát hétértornyú középkori vár vigyázta, amelyet Báthory István erdélyi fejedelem és lengyel király épített ki mai mesebeli vár formájában [29]

mozgó erők feladata a szovjetek visszavonulásának megakadályozása, illetve azok minél nagyobb csoportosításának a bekerítése és megsemmisítése volt.

Július 15-én a gyorshadtest seregtestei az előző napon elfoglalt körleteikben maradtak, és a csapatok átcsoportosítását, az eszközök karbantartását, az anyagi készletek kiegészítését és a rövidesen kezdődő támadásra történő felkészülést hajtották végre. [34; 124 o.]

A hadművelet újabb szakaszának megkezdéséig rendelkezésre álló néhány napot a seregtestparancsnokok igyekeztek kihasználni a gyors mozgás miatt keletkezett készlethiányok, és veszteségek pótlására, illetve átcsoportosítására. A várható feladatok ellátására igényelt nagymennyiségű szállítmány – a meglévő szállítóképesség hiánya és az utak állapota miatt – csak július 18-án érkezett meg Kolomijába a pécsi IV. tehergépkocsi osztály 1 és 2. szállítóoszlopával. A későbbiekben ez az egység igen fontos szerepet töltött be a gyorshadtest csapatai számára az után- és hátraszállítási feladatok végrehajtásában¹⁵.

Harcot csak az 1. gépkocsizó dandártól balra, a 101. könnyű hadosztály előcsapatának támogatására ideiglenesen kirendelt egy üteggel, és a 9/3. harckocsi századdal megerősített 2. gépkocsizó zászlóalj folytatott. A megerősített egység több, harckocsikkal támogatott szovjet gyalogsági támadását vert vissza.

A 2. gépkocsizó dandár katonái Kamenec-Podolszkiban egy égő földalatti benzinkutatót találtak, amit sikeresen eloltottak, és onnan 500 000 liter benzint és motorolajt mentettek meg. Az üzemanyagot, a magyar csapatok gépjármű-feltöltéséhez hasznosították.

Ez idő alatt az 1. lovasdandár alárendeltjeiből kijelölt felderítő erők folytatták a hadtestterdekű felderítési és biztosítási feladatokat.

A hadtest parancsnoka megismételte a VI. és a VIII. kerékpáros zászlóaljak leváltására vonatkozó a július 12-i kérését, és felváltásukra a hadműveleti területre útba indított 15. és 16. kerékpáros zászlóaljakat kérte. A kérését azonban ismét nem vették figyelembe. A váltásukra csak október első napjaiban került sor. [38; 69. o.]

A gyorshadtest északi szárnyán a német LII. hadtest 100. könnyűhadosztály 54. és 227. ezrede, és tőle jobbra a 101. könnyű hadosztály indított támadást, és áttörte a szovjet 12. hadsereg 13. lövészhadtestének a 44., 58., és a 18. hadsereg 17. lövészhadtestének 164., valamint a 26. had-

sereg 72. összekeveredett lövészhadosztályainak védelmét. A németek sikeresen áttörtek a Sztálin-vonalon. [34; 125. o.]

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [26] *Magyarország a második világháborúban – Lexikon A–Zs*, Budapest: Petit Real Könyvkiadó, 1997.
Főszerkesztő: Sipos Péter;
- [27] G. K. Zsukov. *Emlékek, gondolatok*, Budapest: Zrínyi Katonai Kiadó–Kossuth Könyvkiadó, 1970;
- [28] Максим Коломиец – Михаил Макаров. Прелюдия к «Барбаросса», Фронтовая Иллюстрация Стратегия КМ, 2001.;
- [29] Lovik K., Jagits J., dr. Kapu R., Hunt B., dr. Gábor Á., Koroda M: *Hat haditudósító a vörös harctéren*, Budapest: Stádium Sajtóvállalat Rt., é.n.;
- [30] Vitéz nemes ditrói Orosz Béla. *A magyar Légierők teljesítményei a Kárpátoktól a Dnyeperig*. Tapasztalatok a repülőerők vezetése és alkalmazása terén Budapest: a Vitézi Rend Zrínyi Csoport kiadása, 1942.;
- [31] Dr. Lengyel Ferenc. *Az I. M. Kir. Gyorshadtest hadműveletei a Szovjetunió elleni háborúban (1941. július 9 – november 15.)*, Hadtörténelmi jegyzet, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Hadtörténelmi Tanszék, 1994.;
- [32] Zentay István. „Egy nemzetnél sem vagyunk alábbvalók!” (Hadinapló), Budapest: a Vitézi Rend Zrínyi Csoport kiadása, 1942.;
- [33] Vattay Antal (vitéz): *Az 1. lovasdandár a Szovjet elleni háborúban*. Magyar Katonai Szemle XII. évf. 1942. 7. szám;
- [34] Várhalmi Iván. *A m. kir. honvédség erőfeszítése a gépesítés területén 1920-tól – 1941. 06.-ig*. A Kárpát-csoport, majd az I. gyorshadtest hadműveletei a Szovjetunióban 1941-ben Magánkiadás, 2012.;
- [35] Orosz Béla. *A magyar Légierők teljesítményei a Kárpátoktól a Dnyeperig*. Tapasztalatok a repülőerők vezetése és alkalmazása terén. Budapest: A Vitézi Rend Zrínyi csoport kiadása, 1942.
- [36] Dr. Csima Lajos. *Adalékok a Horthy-hadsereg szervezetének és háborús tevékenységének tanulmányozásához (1938–1945)* Honvédelmi Minisztérium Központi Irattár Budapest 1961.;
- [37] Zsedényi Zoltán. *A gyorshadtest hadműveletei Oroszországban 1941 / Előadás az Országos Tiszti Kaszinóban/ Budapest, 1942. III. 20, Kézirat, HIM HL 6577.;*
- [38] Andaházi Szeghy Viktor. *A magyar királyi honvédség részvétele a Szovjetunió elleni támadásban (1941. június – december)*, Belvedere, Szeged, 2016.;

JEGYZETEK

- 13 A Sztálin-vonalat bemutató weblap: <https://poznamka.ru/belarus/liniya-stalina> - Muzejnij komplex Linija Sztalina v Minszke
- 14 A frontvonalakat is feltüntető történelmi határok táblázata megtalálható a <http://tank.uw.ru/archive/pereenx> oldalon.
- 15 HIM HL TGY 2811 – A pécsi IV. 2. tehergépkocsi osztály részvétele a gyorshadtest hadműveletben.

CONTENTS

STUDIES

Russian Battalion Tactical Groups and the past 8 years of experience, Part 1	2
A Development trends of gas turbine aircraft engines, Part 5	5
History of the development of the 'Gepárd' large-calibre rifle, Part 4	9
The world's most powerful tanks, Part 2	15
Artificial Intelligence and simulation	20

INTERNATIONAL MILTECH REVIEW

The use of Russian air power in the Russian-Ukrainian war, Part 2	25
Armoured warfare experiences of the Russian-Ukrainian war, Part 2	30
The Future Armoured Vehicles Situational Awareness conference 2023, London	
State-of-the-art sensor device systems	36

SPACE ACTIVITIES

The phenomenon and the significance of the shock wave	40
---	----

DOMESTIC SURVEY

The Defence Innovation Research Institute, the NATO DIANA and the new system of domestic defence innovation, Part 1	47
The opportunities of improvement the airborne firefighting capability of the Hungarian Defence Forces	51
The possibilities of 3D printed fibre reinforced materials in military applications, Part 2	57
Revolutionised warfare: the military technology legacy of János Neumann	65

MILTECH HISTORY

The 'Mészáros' war steamer, Part 1	70
The activities of the 1st Royal Quick Reaction Corp subordinated to Germany, <i>The offensive target is the Stalin-line</i> Part 5	73

A címképünkön: Megérkezett az első két Airbus H225M típusú helikopter Magyar Honvédség Kiss József 86. Helikopterandár szolnoki repülőtérre július 17-én. A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében további 14 darab H225M érkezik az MH flottájába. (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / Horváth Sztaniszláv)

Borító 2: A 2022-ben bemutatott NJE Supermoto elektromos motorkerékpárt a Neumann János Egyetem GAMF Műszaki és Informatikai Kar Innovatív Járművek Tanszékének munkatársai és hallgatói közösen fejlesztették. Az álcázó színnel ellátott NJE Supermoto elektromos terep-motorkerékpár (enduró) fejlesztése katonai szempontból is releváns. (Forrás: Sárkány Tamás György)

Borító 3: Fent: Légi tüzoltás a Magyar Honvédség Mi-17-es szállítóhelikopterével. A Bambi Bucket víztartály egy merítéssel 2500 liternyi vizet képes az oltandó területre teríteni. (HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Sándor-Singer Éva)

Lent: Bambi Bucket kibocsátás előtti üzemkész állapotának ellenőrzése (HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Snój Péter)

Poszter: Az Airbus H225M helikoptereket csapatszállító, sebesültszállító, és katonai kutató-mentő feladatokra egyaránt használhatják (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / Horváth Sztaniszláv)

(A típus főbb harcászati-műszaki adatait tartalmazó táblázatot a 50. oldalon közöljük.)

INHALTVERZEICHNIS

STUDIEN

Die Rolle der russischen Bataillonskampfgruppen im Lichte der Erfahrungen der letzten 8 Jahre, Teil I.	2
Entwicklungsrichtungen der Turbinen-Strahltriebwerke, Teil V.	5
Die Entwicklungsgeschichte der Großkalibergewehre von Gepárd, Teil IV.	9
Die stärksten Panzer der Welt, Teil II	15
Künstliche Intelligenz und Simulation	20

INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDSCHAU

Die Anwendung der russischen Luftwaffe im russisch-ukrainischen Krieg, Teil II.	25
Panzererfahrungen des russisch-ukrainischen Krieges, Teil II	30
Die Konferenz Future Armoured Vehicles Situational Awareness 2023 in London Die modernste Sensorsysteme	36

RAUMFAHRTTECHNIK

Die Erscheinung und Bedeutung der Stoßwelle	40
---	----

HEIMATSCHAU

Das Forschungsinstitut für Verteidigungsinnovation, der NATO DIANA und das neue System der inländischen Verteidigungsinnovation, Teil I.	47
Entwicklungsmöglichkeiten für die Luftfeuerbekämpfungsfähigkeit der ungarischen Streitkräfte	51
Militärische Anwendungsmöglichkeiten des 3D-Drucks von Faserverbundwerkstoffe, Teil II.	57
Revolutionierte Kriegsführung: Das militärtechnische Erbe von János Neumann	65

GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK

Der Dampfkriegsschiff "Mészáros", Teil I.	70
Die Aktivitäten unter deutscher Befehlsführung des 1. Königliche Schnelle Korps, Angriffsziel ist die Stalin-Linie Teil V	73

Szerzőink figyelmébe

A szerkesztőség két független lektorral ellenőrizteti a beküldött kéziratokat és plágiumellenőrzésnek veti alá azokat. A cikkeknek tartalmaznia kell: egy max. 6-10 soros összefoglalást és 5 kulcsszót magyar és angol nyelven is, illetve a cím angol nyelvű fordítását. Lapunk szerzőinek nevénél lábjegyzetben fel kell tüntetni: a szerző e-mail címét és Orcid azonosítóját (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 felhasználó 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 felhasználó 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 e-mail-címre várjuk. A Haditechnika folyóirat cikkeit a szerkesztőség feltölti a Magyar Tudományos Művek Tárába, emellett az elmúlt több mint 50 év lapszámai elérhetők az MTA REAL-J repozitóriumban: <http://real-j.mtak.hu/view/journal/Haditechnika.html>

Előfizetés

Éves előfizetési díj 3120 Ft.

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága, 1008 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél,

e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu,

faxon: 303-3440,

Stúdió könyvesbolt

1138 Bp., Népfürdő u. 15/D,

telefon/fax: 359-1964, 359-6461,

HM Zrínyi Nonprofit Kft.

Ügyfélszolgálat – Könyv- és térképolt

Budapest II., Fillér u. 14.

Levél cím: 1276 Budapest 22, Pf. 85

telefon: +36 30-388-4034

e-mail: ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu

További információ: 06 80/444-444

A folyóirat 2005-2015 közötti példányai megrendelhetőek a Zrínyi webshopban

(www.hmzrinyi.hu/termekek/magazinok).

A Haditechnika megvásárolható

Lira Könyvárúhá, Récsei Center

1146 Bp., Istvánmezei út 6.,

telefon: 411-1543

Stúdió könyvesbolt

1138 Bp., Népfürdő u. 15/D,

telefon/fax: 359-1964, 359-6461

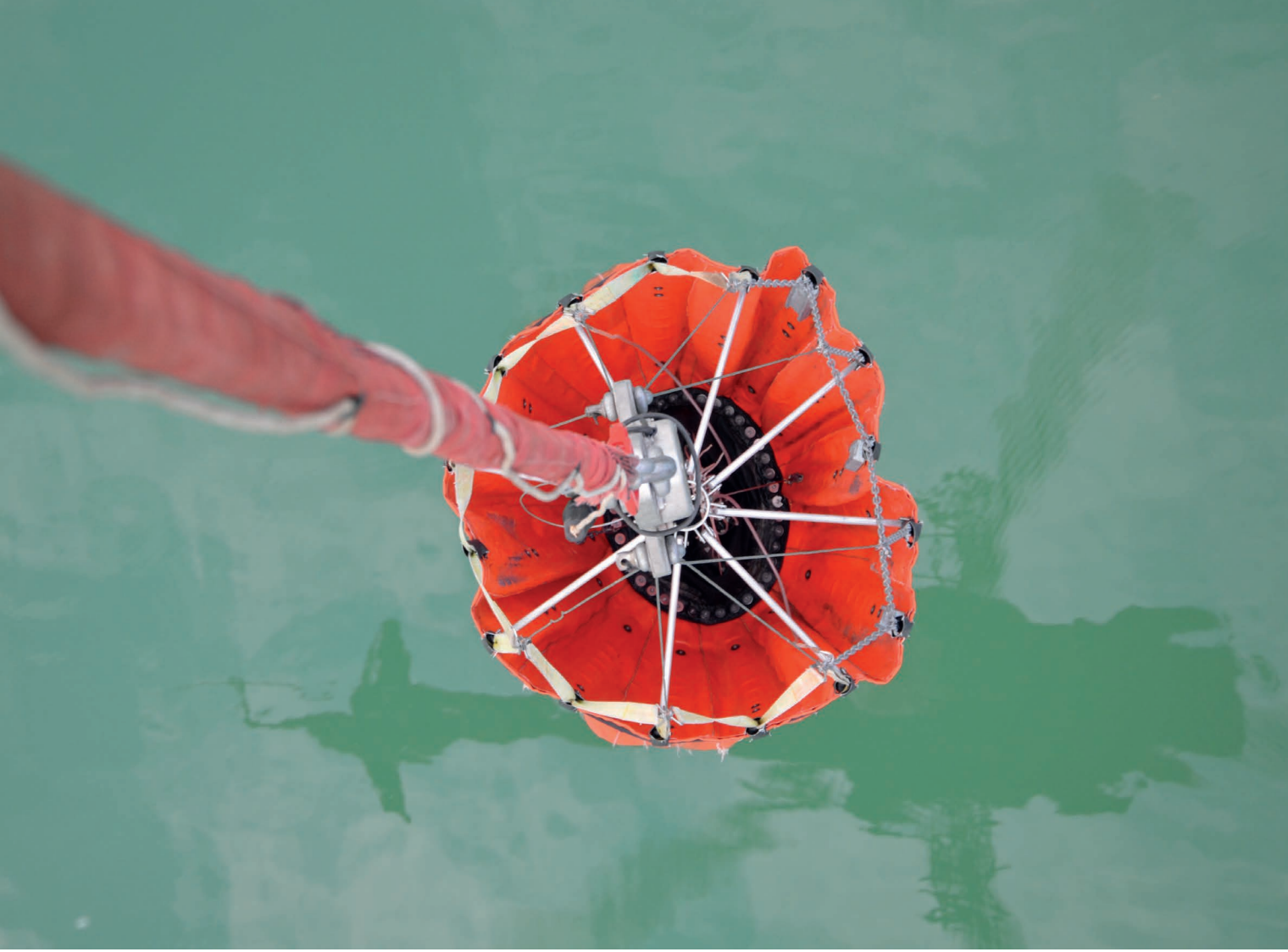
HM Zrínyi Nkft.

Ügyfélszolgálat

Budapest II., Fillér u. 14.

Nyitvatartás: H.–P. 9:00–16:30 óra

ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu





HONVÉDELMI
MINISZTERIUM



ÉS TE KÉSZEN ÁLLSZ?



WWW.IRANYASEREG.HU

