

A múlt, a jelen és a jövő fegyverei

HADITECHNIKA

2023/4

LVII. évfolyam 4. szám

Ára 520 Ft

Lynx KF41 gyalogsági harcjármű



Posztermelléklettel!



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

2023/4. 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:
Druzsin 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 IV. rész
*A hajtóműfejlesztésekkel
kapcsolatos kihívások* 2



Földi Ferenc: A Gepárd nagy
űrméretű puská fejlesztésének
története III. rész
*35 év a honvédség
szolgálatában* 8



Bakos Tamás: Katonai műszaki-
technikai újdonságok
a MILENG COE 2022-es
ipari napján II. rész 28



Hegedűs Ernő: Szálerősítéses
anyagok 3D-s nyomtatásának
hadiipari alkalmazási lehetőségei
I. rész
*UAV-k és könnyű járművek
a haderőben és a katonai
logisztikában* 62



TANULMÁNYOK

Farkas Zoltán: A világ
legütőképesebb harckocsijai
I. rész 12

NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

Lesták Tamás: Az orosz légi
alkalmazása az orosz-ukrán
háborúban I. rész 17
Tóth András: Az orosz-ukrán
háború páncélos tapasztalatai
I. rész 23
Hegedűs Ernő – Hennel Sándor
– Végyvári Zsolt: A Bayraktar
drónok III. rész 33

ÜRTECHNIKA

Doucha Lilla: Threatened Security
Provider – NATO's Opportunities
and Challenges in Space 38

HAZAI TÜKÖR

Répás József – Pogány Viktor:
IoT forensics módszertan
alkalmazásának vizsgálata
magas automatizáltságú
járművek szakértői
vizsgálatában 43
Végyvári Zsolt – Sebők István:
A Lynx harcjármű fegyverzete
és védelmi rendszerei 50
Tóth Péter – Szelezcki
Szilveszter: Előretolt légi
irányítás páncélozott járműből 57

HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

Horváthné Tóth Zsuzsanna –
Horváth Tibor: Mueller
Othmár Robbantástechnikai
Különgyűjtemény 67
Somkutas Róbert: A német
alárendeltségbe léptetett magyar
királyi I. gyorshadtest
tevékenysége IV. rész 71

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)



Varga Béla*

A gázturbinás repülőgép-hajtóművek fejlesztési irányai **IV. 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. Vizsgálja az alternatív tüzelőanyagok alkalmazásának lehetőségét, azoknak a hajtómű termikus hatásfokára és fajlagos hasznos munkájára kifejtett hatását. A tanulmány negyedik részében a szerző a hajtóművek fejlesztésének lehetőségeit és korlátait, valamint lehetséges irányait mutatja be.

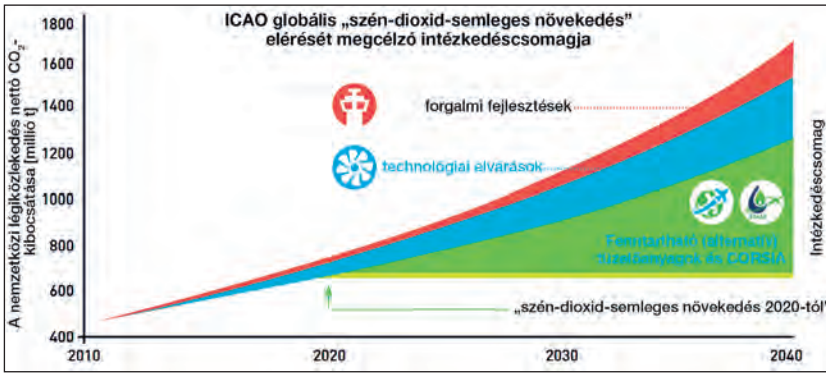
A szénhidrogének tökéletes és tiszta égést feltételező kémiai reakciójából szén-dioxid és vízgőz keletkezik. Ez történik a gázturbinás hajtóművek égőtereiben is a kerozin égésekor, az égés azonban nem tökéletes, így más égéstermékek (a léghőzt szennyező anyagok) is keletkeznek, többek között nitrogén-oxidok, kén-dioxid, szén-monoxid, korom, el nem égett üzemanyag-részecskék és aromás vegyületek. A szennyezőanyagok kibocsátása csökkenthető az égési folyamat optimalizálásával, tökéletesítve az üzemanyag-fúvókákat és magát az égőtereket. Ezek a káros anyagok felelősek a talajközeli légszennyezésért, hiszen keletkezésük alapvetően a gurulás, a fel- és leszállás, valamint az emelkedés és megközelítés repülési fázisok-

hoz köthető. Mivel ez a szennyezés közvetlenül érinti a repülőterek környezetét, az ott élő lakosságot és a természeti környezetet, így ez került elsőnek a figyelem középpontjába, és vált a szabályozások tárgyává. Ennek megfelelően az ICAO (International Civil Aviation Organization – Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet) már az 1960-as évektől egyre szigorúbb szabályozással törekszik ezeknek a szennyező anyagoknak a csökkentésére. [37; 243. o.]

A magaslégköri környezetszennyezés nem annyira nyilvánvaló és azonnali hatású, de hosszabb távon következménye súlyosabb lehet, figyelembe véve a globális felmelegedést, a klímaváltozást és az ózonréteg károsodásának már ma is érezhető jelenségeit. A sztöchiometrikus égésnél¹⁴ keletkező vízre mondhatnánk, hogy az ártalmatlan, hiszen a természetben előforduló, életünk szerves részét képező anyag, de magaslégköri kibocsátásának hatása még ma sem tisztázott. A környezet- és klímavédelmi szakértők szerint egyre aggasztóbb a nagy mennyiségű vízgőz sztratoszférába kerülése. A fő „ellenség” ebből a szempontból azonban a szén-dioxid, hiszen minden tonna elégetett repülőgép-tüzelőanyag kb. 3,1 tonna szén-dioxid felszabadulásával jár együtt. [37; 243. o.]

Az emberi tevékenység miatti szén-dioxid-kibocsátás az Európai Bizottság és a Holland Környezetvédelmi Ügy-

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



34. ábra. Az ICAO intézkedéscsomagja a nemzetközi repülés fenntarthatóvá tétele érdekében [41]

nökség által 2015-ben kiadott EDGAR-adatbázis¹⁵ alapján 36061,71 millió tonna. [38] Az éghajlatváltozással foglalkozó kormányközi munkacsoport (IPCC¹⁶) legfrissebb adatai szerint a belföldi és nemzetközi légi közlekedés az emberi tevékenység által termelt globális szén-dioxid-kibocsátás kb. 2%-át (814 millió tonna) teszi ki, amelyből a nemzetközi légi közlekedés a kibocsátás közelítőleg 1,3 százalékáért felelős. [39] Vannak ennél pesszimistább vélemények is, amelyek szerint a légi közlekedés növekedésének hatására az elmúlt évtizedekben (1960–2018) a CO₂-kibocsátás 6,8 millió tonnáról 1034 millió tonnára nőtt. [40] A károsanyag-kibocsátás növekedésének üteme a légi közlekedésben főként úgy csökkenthető, ha kevesebb tüzelőanyagot égetünk, ez pedig elsősorban a hajtóművek hatásfokának javításával érhető el. További lehetőségek az aerodinamikailag jobb szárny- és törzskalakítás, a súlycsökkentés és a hatékonyabb légiforgalom-szervezés is. A gondok ellenére, az utóbbi évtizedekben jelentős technológiai fejlődés történt a légi közlekedési ágazatban. A ma gyártott légi járművek utaskilométerenkénti tüzelőanyag-fogyasztása mintegy 80%-kal csökkent az 1960-as évekhez viszonyítva. Ebben az eredményben hatalmas, de nem egyedülálló szerepe van a hajtóművek fejlődésének. Az elkövetkezendő évtizedekben a légi járművek tüzelőanyag-hatékonysága még 1-2%-kal javulhat, miközben a légi közlekedési iparág várható 5%-os éves növekedése nagymértékben meghaladja ezt. A két tendencia tükröződik a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet Légiközlekedési Környezetvédelmi Bizottsága (ICAO CAEP – Council’s Committee on Aviation Environmental Protection) környezeti trendértékelésében, amely szerint a nemzetközi légi közlekedés tüzelőanyag-felhasználása a 2010-es szinthez képest 2040-re körülbelül 2,8–3,9-szeresre fog nőni. Sokféle becslés megjelent már e témában, és valamennyiben egyetértés mutatkozik abban, hogy a helyzet több, mint aggasztó.

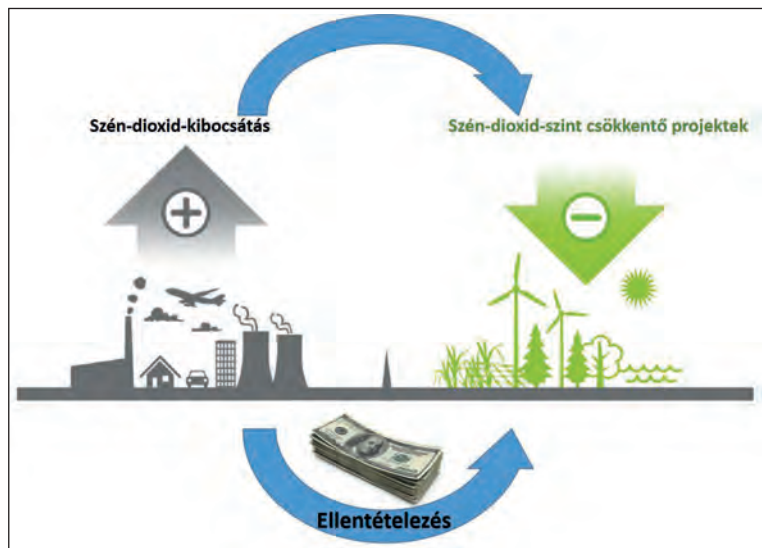
Ennek következtében 2013 októberében az ICAO közgyűlésének 38. ülészaka elfogadta az A38-18. számú határozatot, amely szerint az ICAO és tagállamai – az érintett szervezetekkel együttműködve – törekszenek arra, hogy elérjék a nemzetközi légi közlekedés globális nettó szén-dioxid-kibocsátás 2020-as szinten történő befagyasztását (az ún. *Szén-dioxid-semleges növekedést 2020-tól*, illetve az eredeti angol kifejezéssel: „Carbon Neutral Growth from 2020”). (34. ábra)

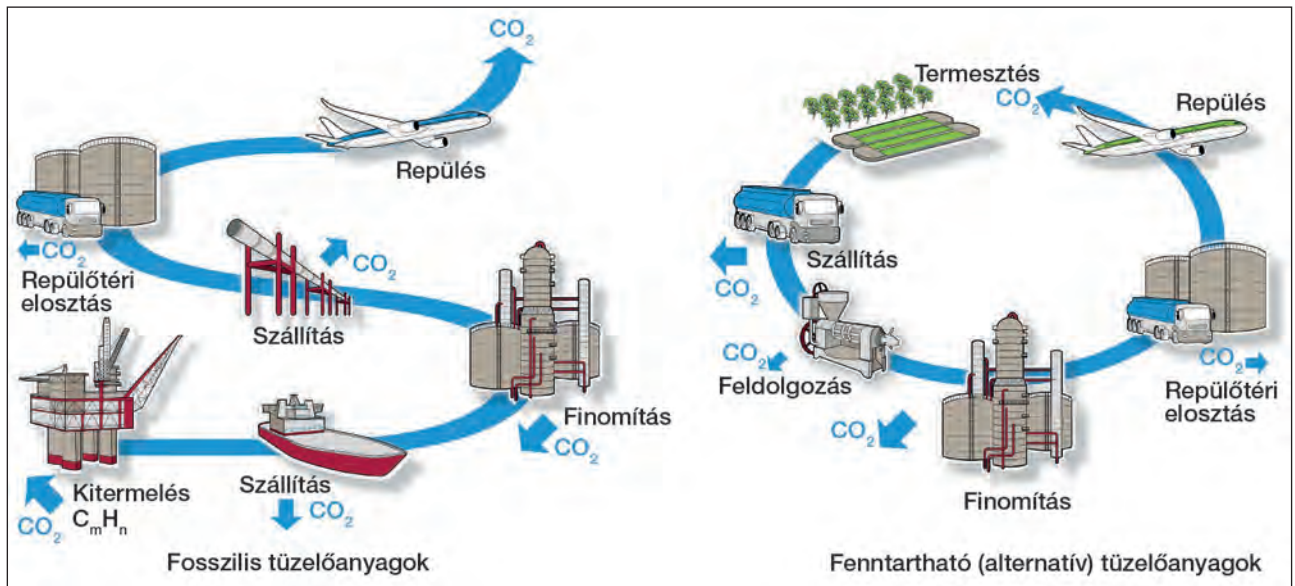
Offsetting and Reduction Scheme of International Aviation – Nemzetközi Légi közlekedés Szén(dioxid) Ellentételezési és Csökkentési Tervezete) elnevezést kapta, amely csak a nemzetközi légi forgalomra, ezen belül is csak a 9000 kg felszállótömeget meghaladó merev szárnyú repülőgépekre vonatkozik.

A projekt elindításának oka, hogy a szakemberek feltételezése szerint az első három intézkedéssel elért összesített környezeti előny sem lesz elegendő ahhoz, hogy a nemzetközi légi közlekedési ágazat 2020 után (a pandémia utáni időszakban) tartani tudja a szén-dioxid-semleges növekedést a forgalom intenzív növekedése miatt. A globális MBM-rendszer a megmaradt rés ellentételezésével, a szén-dioxid-kibocsátást csökkentő, vagy éppen a már kibocsátott szén-dioxidot elnyelő projektek finanszírozásával teszi lehetővé a nettó kibocsátás szinten tartását. (35. ábra)

Az ellentételezés értelmében a repülőgép-üzemeltető (légítársaság) a többlet szén-dioxid kibocsátását a szén-dioxid-piacon (Carbon Market) ún. karbonkrediteket vásárolva kompenzálja. A karbonkrediteket teremtik meg a pénzügyi alapját a világ különböző pontjain létrehozott szén-dioxid-kibocsátást csökkentő projekteknek, amelyek a nemzetközi repülési iparág (Global Airline Industry) nettó szén-dioxid-kibocsátása „remélhetőleg” szinten tartható.

35. ábra. A piaci alapú intézkedések (MBM) lényegét ábrázoló körfolyamat [42]





36. ábra. A hagyományos, és az alternatív tüzelőanyagok életciklusa [42]

Az ICAO igyekezett egy egységes, globális szén-dioxid-ellentételezési rendszert kidolgozni, és ezzel elkerülni az ún. „patchwork” (foltozgatásos) megoldásokat, amely alatt a nemzeti, vagy regionális rendszerben működő szén-dioxid adókat, vagy más ellentételezéseket értik. Ez utóbbiak nem képeznének egységes sztenderdet, ennek megfelelően a megvalósításuk bonyolultabb és költségesebb lenne, ugyanakkor pl. az adók esetében ezek a pénzek nem feltétlenül jelennének meg a szén-dioxid-kibocsátást ténylegesen csökkentő projekteknél. Az egységes intézkedés nemcsak egyszerűbbé teszi a rendszert, hanem csökkenti a piaci torzulás kockázatát is, mivel minden légitársasággal szemben egységes követelményeket támaszt. A CORSIA önmagában nem vezet a repülés fenntartható jövőjéhez, sőt az ICAO ezt átmeneti, szükségmegoldásnak tekinti mindaddig, amíg az intézkedéscsomag első három pontjával is célt lehet elérni. Az elképzelések szerint kb. 2050-től a CORSIA nélkül is szinten tarthatóknak, sőt csökkenőnek kell lennie a szén-dioxid-kibocsátásnak. [39] E cél megvalósításában a legnagyobb szerepet a fenntartható alternatív tüzelőanyagoknak szánják. [43] Erre az időszakra minden bizonnyal azok előállítási költsége versenyképes lesz a fosszilis tüzelőanyagokéval. Az alternatív tüzelőanyagok legfontosabb pozitív tulajdonsága, hogy az életciklusuknak egy része nem szén-dioxid-termelő, hanem éppen ellenkezőleg, szén-dioxid-abszorbeáló, (36. ábra) sőt a gyártási folyamat is környezetkímélő technológiával, megújuló energiaforrások felhasználásával történhet. [44]

Ahogy az előzőekben is láthattuk, a program egyik oszlopa a repülőszerkezetek technológiai fejlesztése, beleértve a hajtóművek hatásfokának javítását, amely továbbra is a CO₂-kibocsátás csökkentésének egyik leghatékonyabb eszköze.

LEHETŐSÉGEK ÉS KORLÁTOK A FEJLESZTÉSBEN

A hajtóművek hatásfokát, és ezzel a tüzelőanyag hatékonyságát (valamint a szén-dioxid-kibocsátását is) az alábbi néhány tényező határozza meg:

- a kétáramúsági fok a propulziós hatásfokon keresztül;
- a turbina előtti gázhőmérséklet és a nyomásviszony a termikus hatásfokon keresztül;

- a turbinalapátok kisebb hűtési igénye is a termikus hatásfokot javítja;
- a gépegység-hatásfokok – a termikus hatásfokon keresztül – különböző mértékben;
- anyagtechnológiai és gyártástechnológiai fejlesztések alapvetően a hajtómű tömegén keresztül.

Ha mindezt egy nagy kétáramúsági fokú hajtóművön belül, ezen paraméterek fejlesztésével kívánjuk elérni, akkor meglehetősen korlátozottak a lehetőségeink.

A KÉTÁRAMÚSÁGI FOK¹⁷

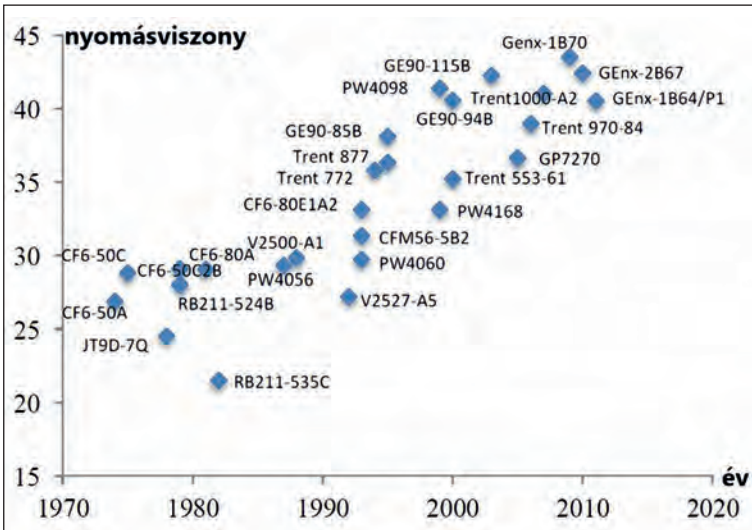
A nagy kétáramúsági fokú hajtóművekben a tolóerő nagy része (80-85%-a) úgy jön létre, hogy a beáramló levegő nagyobb részének a felgyorsítása mérsékelt az egyáramú hajtóművekhez képest, és annál kisebb lehet, minél nagyobb a hajtómű kétáramúsági foka. Ez a propulziós hatásfokon kívül a zajcsökkentés szempontjából is előnyös megoldás. A kétáramúsági fok értéke (pl. CFM LEAP – Leading Edge Aviation Propulsion) elérheti a 12-es értéket is.

A kétáramúsági fok további növelése azonban gondot okozhat, mert növeli a hajtómű átmérőjét – amely még a hajtómű elhelyezésénél is problémát okoz –, nem is beszélve az okozott extra légellenállásról, valamint a szükségszerűen alacsonyabb fordulatszámról, amely a kisnyomású egység fordulatszám-csökkentését is jelenti. Ez – feltételezve a ventilátorfokozat változatlan teljesítményigényét – a turbinafokozatok számának növelését jelenti, hozzájárulva a hajtómű tömegének növekedéséhez is. Ez utóbbi orvosolható fordulatszám-csökkentő egység (reduktor) beépítésével, de ez szintén tömegnövekedéssel jár.

A magasabb kétáramúsági fok a kisebb mag eredményeként is megvalósulhat, amely nagyobb fajlagos hasznos munkát feltételez. A kisebb gázgenerátor-egység méret azonban gyakran kisebb gépegység-hatásfokokat eredményezhet, csökkentve a termikus hatásfokot.

NYOMÁSVISZONY

A teljes kompresszor-nyomásviszony (a nagynyomású kompresszor kilépő és a kisnyomású kompresszor belépő

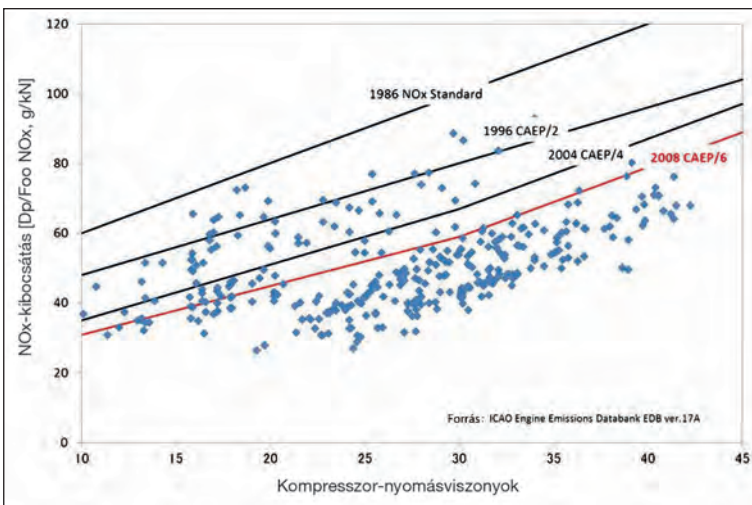


37. ábra. A hajtóművek kompresszor-nyomásviszonyának növekedése [46]

keresztmetszetei nyomásának viszonyyszáma) és a turbina előtti gázhőmérséklet együtt mozog. Önmagában csak az egyik, vagy a másik javítása csupán korlátozott eredményhez vezet. Megfigyelhető, hogy a nagy kétáramúsági fokkal rendelkező hajtóművek kompresszorainak nyomásviszonya évtizedek alatt több mint kétszeresére nőtt. A legújabb hajtóműveknél ez az érték elérte a 45-öt, és az 50 feletti értékek felé tart, valószínűleg hamarosan eléri a 60-at is. (37. ábra)

Ilyen magas értékeknél azonban már a kompresszor kilépő keresztmetszetében mért hőmérséklet is igen magas, 900–1000 K között van. Megjegyzendő, hogy ez az érték közelítően az első gázturbinák turbina előtti hőmérsékletének felel meg. Ez egyrészt felveti a kompresszor utolsó fokozatainak a hőterhelési kérdését. Továbbá, mivel a szükséges nyomáskülönbség miatt az első fokozat turbinalapátjainak hűtéséhez az utolsó kompresszorfokozattól kell hűtőlevet elvenni, így a hűtőlevet mennyiségét növelni kell, rontva ezzel a termikus hatásfokot. További kedvezőtlen hatás, hogy a nyomásviszony növelése csökkenti a hátsó

38. ábra. Az egyre szigorúbb CAEP-szabványok az NO_x-kibocsátás korlátozására. (Dp/Foo NO_x [g/kN]) a kibocsátott szennyező mennyisége grammiban, (Dp) egy szabvány le- és felszállási (landing and take-off) ciklusban, elosztva a NEL tengersizten megadott maximális hajtómű-tolóerővel (Foo) [kN]) [47]



fokozatok lapátmagasságát, amely legtöbbször a kompresszor politrópikus hatásfokának csökkenéséhez, és ezáltal szintén a termikus hatásfok csökkenéséhez vezet.

Egy újabb probléma az égés során a megnövekedett nitrogén-oxidok (NO_x) kibocsátása. Ez a szennyeződés nagyon káros hatással van az élővilágra. Számos kutatás bebizonyította, hogy az NO_x kibocsátása arányos a kompresszor kilépő nyomásával és hőmérsékletével. Ezt az összefüggést a különböző CAEP NO_x szabványoknál is figyelembe veszik.

Magasabb kompresszor-nyomásviszonynál (38. ábra) (vízszintes tengely) láthatóan magasabb emissziót engednek meg a szabványok, de ez a magasabb NO_x-kibocsátás csak az égési folyamat optimalizálásával kompenzálható. Egy-egy jelentősebb technikai ugrás az égőterek és a porlasztás fejlesztése terén, jellemzően ugrásszerű csökkenést jelentett az NO_x-kibocsátás tekintetében is. Ugyanakkor jól látható, hogy bármelyik CAEP-előírásnál a

nagyobb kompresszor-nyomásviszony tartományban fokozatosan megengedőbb a szabvány, mert a gyártók technikailag képtelenek lennének teljesíteni a szigorúbb követelményeket.

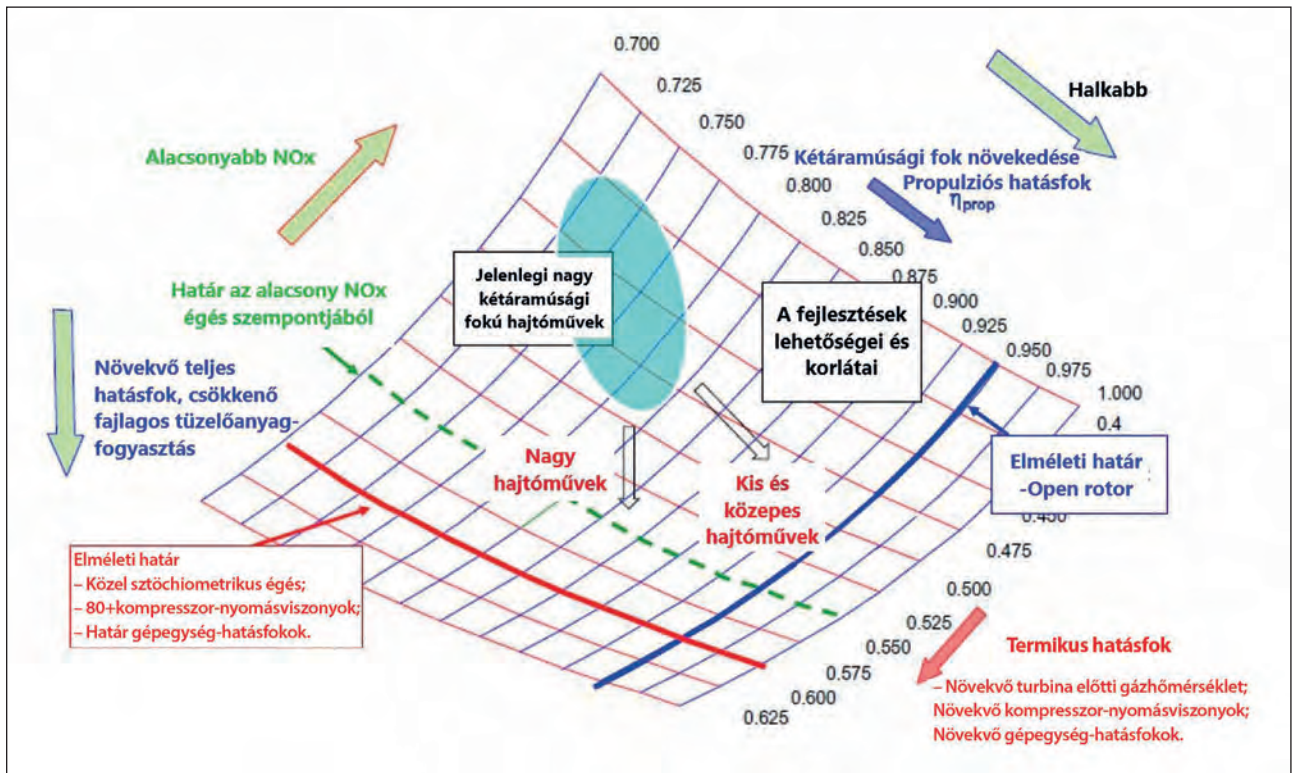
A TURBINA ELŐTTI GÁZHŐMÉRSÉKLET

A hajtómű-gázhőmérséklet a kompresszor-nyomásviszonnyal együtt nő, értékének pedig az anyagok hőállósága szabta határt. A hajtóművek technológiai fejlődése során a turbina előtti gázhőmérséklet átlagos növekedése évente mintegy 18 K volt, amely jóval több, mint a turbina alapanyagát képező ötvözetek hőállóságnak növekedése (3 K/év). Ebből következően a turbina előtti gázhőmérséklet növekedése inkább a szofisztikált hűtési rendszerek következménye. A magasabb turbina előtti hőmérséklethez a magasabb kompresszor-nyomásviszony, és az ezzel együtt járó magasabb hőmérsékletű, és emiatt kisebb hatékonyságú hűtés az eredmény egy részét felemészti. A már szintén említett NO_x-kibocsátás negatív hatását is figyelembe véve valószínű, hogy a kereskedelmi repülés hajtóművei esetén az 1800 K-es turbina előtti hőmérsékletnél a tervezők nem törekednek magasabb értékre. Ez nem vonatkozik a katonai repülés kis kétáramúsági fokú hajtóműveire, amelyeknek nem kell megfelelniük ilyen szigorú környezetvédelmi követelményeknek. (39. ábra)

MA LÁTHATÓ HAJTÓMŰFEJLESZTÉSI IRÁNYOK

Tény, hogy az említett megoldások azt mutatják, a hajtóművek fejlesztése közel van a lehetőségek határaihoz. Számtalan kutatás folyik világszerte, hogy ezeken a korlátokon valamilyen innovatív megoldással átlépjének, és minőségi ugrást érjenek el a tüzelőanyag-hatékonyság területén. Az egyik ilyen innovatív kezdeményezés (ULTIMATE)¹⁸ vezetője a göteborgi Chalmers Műszaki Egyetem, míg a konzorcium tagjai a Cranfield Egyetem, a Bauhaus Luftfahrt, az ISAE Supaero, az Aristotle Egyetem Thessaloniki, a svéd GKN Aerospace,





39. ábra. A fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás változása a termikus és propulziós hatásfok függvényében (Forrás: a szerző szerkesztése a [48] alapján)

az MTU Aero Engines, a Rolls-Royce Holdings plc, a Safran Aircraft Engines és az ARTTIC. Természetesen számos további helyen képzelnek el merész fejlesztéseket a 2050-es évekre, amelyek közül néhányat a következő fejezetekben mutatok be.

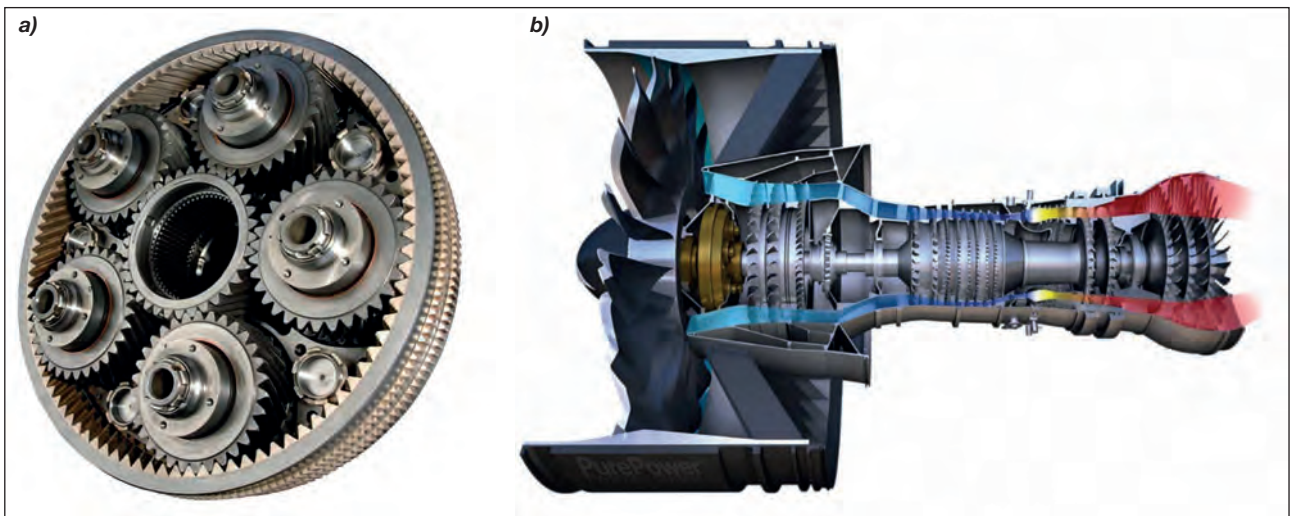
GEARED TURBOFAN¹⁹

A geared turbofan megnevezésű hajtómű mintegy ötven évvel ezelőtt indított, és mára megvalósult koncepció. A fő célja, hogy a kétáramúsági fokot úgy lehessen növelni, hogy (a fan fokozat elkerülhetetlen fordulatszám csökken-

tése mellett) ez ne járjon a kisnyomású forgórész fordulatszám-csökkentésével, és ezzel a kompresszor- és a turbinafokozatok számának növekedésével. Ezekbe a hajtóművekbe egy bolygóműves fordulatszám-csökkentőt építenek be, ezzel lehetővé téve a kisnyomású forgórész magasabb fordulatszámát, és ezzel a kompresszor- és a turbinafokozatok száma nemhogy nem nőtt, hanem csökkenthetett.

1993 nyarán a Pratt & Whitney a NASA²⁰ Ames szélcsatornájában tesztelni kezdte a 240 kN tolóerejű kísérleti hajtóművét 4:1 arányú fordulatszám-csökkentő fokozattal. A hajtómű 3000 mm-es átmérőjű ventilátor (fan) fokozata 18 db állítható lapáttal 15-ös kétáramúsági fokot biztosí-

40. ábra. A fordulatszám-csökkentő egység a) és a Geared turbofan hajtómű metszete b) [45]



tott. A cél a tüzelőanyag-fogyasztás 6-7%-kal, a károsanyag-kibocsátás 15%-kal történő csökkentése volt. Ugyanakkor a ventilátor lapátvégi sebességének 290 m/s-ra mérséklésével a zajkibocsátás csökkentését is megcélozták. A jelentős kihívás a megbízható fordulatszám-csökkentő fokozat létrehozása volt, mivel az mindenképpen plusz tömeget jelent, hő keletkezik, teljesítményvesztést okoz, és élettartam-problémák jelentkezhetnek. Fordulatszám-csökkentést korábban is alkalmaztak turboprop és turboshaft hajtóművek esetében is, de ebben az esetben nem néhány száz, vagy ezer kW átviteléről van szó, hanem 30 000–60 000 kW-ról. A fordulatszám-csökkentő egységek hatásfoka általában meglehetősen magas, 0,98–0,995 határok között mozog. Nagy átviteli teljesítmény mellett azonban a veszteségek így is jelentősek lehetnek, és a berendezés nagyon intenzív kenést, illetve az olajrendszeren keresztül hűtést igényel. A Pratt & Whitney szerint a hajtóművekben alkalmazott fordulatszám-csökkentő hatásfoka 99,5%-os, mindössze 13 fő alkatrészt tartalmaz, és 20 évet működhet karbantartás nélkül. [45] (40. ábra)

Jelenleg kizárólagos hajtóműként a PW1000G nagy kétáramúsági fokú geared turbofan hajtóműcsalád tagjait alkalmazzák az Airbus A220, a Mitsubishi SpaceJet és az Embraer második generációs E-Jet-ekben, illetve opcióként rendelkezésre áll az Irkut MC-21 és Airbus A320neo részre is. A PW1000G hajtómű első rendszerbe állítása 2016 januárjában történt a Lufthansa Airbus A320neo repülőgépein. [49]

A hajtómű – különösen az A320neo repülőgépek erőforrásai szempontjából – jelenleg a CFM LEAP hajtómű legfőbb vetélytársa. Megjegyzendő, hogy a LEAP is nagy előrelépést jelent a CFM 56 sorozathoz képest, hiszen kétáramúsági foka 12, ám nincs áttétel a fan és a kisnyomású forgórész között.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [37] Varga Béla, Tóth József. (2017) A széndioxid, mint a legfőbb ellenség, avagy mi az ICAO által létrehozott CORSIA szerepe ebben a harcban Repüléstudományi Közlemények XXIX. 2017/3. pp. 243–252.;
- [38] Emissions Database for Global Atmospheric Research https://edgar.jrc.ec.europa.eu/dataset_ghg50 (Letöltve: 2022.12.7.);
- [39] Why ICAO decided to develop a global MBM scheme for international aviation? <https://www.icao.int/Meetings/HLM-MBM/Pages/FAQ1.aspx> (Letöltve: 2020.11.13.);
- [40] The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231020305689?via%3Dihub> (Letöltve: 2020.8.2.);
- [41] Forrás: <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/climate-change.aspx> (Letöltve: 2022.12.7.);
- [42] Forrás: <https://www.firstclimate.com/> (Letöltve: 2017.12.23);
- [43] Fehér Krisztina. (2018) Alternatív tüzelőanyagok alkalmazása a repülésben Műszaki Katonai Közöny XXVIII. 2018/2. pp. 43–56. <https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/PDF> (Letöltve: 2022.12.6.);
- [44] Fehér Krisztina. (2018) Biomass as Raw Material of Aircraft Fuels Repüléstudományi Közlemények, XXX. 2018/3. pp. 123–138. http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_3/2018-3-09-0176-Feher_Krisztina.pdf (Letöltve: 2022.12.6.);
- [45] Epstein, Alan. (2015) VP, Technology and Environment Pratt & Whitney Academie de l’Air et de l’Espace Paris p. 26. <https://academieairespace.com/wp-content/uploads/2018/05/prattw.pdf> (Letöltve: 2022.12.6.);
- [46] Feijia, Yin. (2016) Modelling and Characteristics of a Novel Multi-fuel Hybrid Engine for Future Aircraft <https://doi.org/10.4233/uuid:344b7d9c-f54c-4836-87ca-28582231a3d3> https://www.researchgate.net/publication/322299242_Modelling_and_Characteristics_of_a_Novel_Multi-fuel_Hybrid_Engine_for_Future_Aircraft (Letöltve: 2021.1.12.);
- [47] Dr. Dickson, Neil. (2014) Local Air Quality and ICAO Engine Emissions Standards https://www.icao.int/Meetings/EnvironmentalWorkshops/Documents/2014-Kenya/4-1_LAQ-Technology_notes.pdf (Letöltve: 2021.2.20.);
- [48] Feijia, Yin, Arvind, Gangoli Rao. (2020) A review of gas turbine engine with inter-stage turbine burner Progress in Aerospace Sciences Volume 121. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2020.100695> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037604212030107X>;
- [49] Kaminski-Morrow, David. (2016) Airbus: Delivery of P&W ‘golden’ A320neo engine imminent FlightGlobal 2016.07.27. <https://www.flightglobal.com/airbus-delivery-of-pandw-golden-a320neo-engine-imminent/121346.article> (Letöltve: 2022.12.6.).

JEGYZETEK

- 14 Elméletileg az a helyes tüzelőanyag-levegő arány, ahol a reakció (égés) után egyik anyagból sincs maradvány.
- 15 EDGAR: Emissions Database for Global Atmospheric Research – Emissziós adatbázis a globális légkörkutatáshoz.
- 16 IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change – éghajlatváltozással foglalkozó kormányközi munkacsoport.
- 17 Bővebben: Varga B.: A gázturbinás repülőgép-hajtóművek fejlesztési irányai I. rész Haditechnika LVII. évf. – 2023/1 p. 16. DOI: 10.23713/HT.57.1.03
- 18 ULTIMATE: Ultra Low Emission Technology Innovations for Mid-century Aircraft Turbine Engines – Alacsony károsanyag kibocsátású technológiák az évszázad közepére tervezett repülőgép-gázturbinákhoz.
- 19 Geared turbofan: fordulatszám-csökkentő egységgel (reduktor) ellátott, nagy kétáramúsági fokú hajtómű.
- 20 National Aeronautics and Space Administration – Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal.

13. ábra. A Gepárd M1A1 mesterlövészpuska mintapéldánya a szerző kezében. A villalábakat leszerelték (Fotó: Cseke Csilla) [12]



Földi Ferenc*

A Gepárd nagy űrméretű puska fejlesztésének története III. rész

35 év a honvédség szolgálatában

A Haditechnikai Intézet fejlesztő szakemberei 1988-ra elkészítették az 12,7 mm-es Gepárd mesterlövészpuska kísérleti mintapéldányát. A fegyver – Gepárd M1 néven –, több mint három évtizede szolgálja a Magyar Honvédséget. A tanulmány első része a fejlesztés előzményeit és a tervezés során felmerült problémákat, valamint azok megoldását ismertette. A cikksorozat második részében a szerző a speciális számításokra alapozott fegyvertechnikai megoldásokat mutatta be, míg a harmadik részben a kísérleti mintapéldány elkészítéséről és a fejlesztés folytatásáról kap tájékoztatást az érdeklődő olvasó.

A Gepárd mesterlövészpuska kísérleti példányával történő tüzeléskor a 7,62 mm-es 39M LPSz jelű lövedékre jellemző és megszokott mértékű hátrahatáshoz képest, a 12,7 mm-es B32-es lövedék tüzelése során fellépő, rendkívüli nagy erejű hátrahatás csökkentése érdekében az előzetes számítógépes modellezés eredményeivel, illetve a csőszájfék hatásfokának gyakorlati mérésével legelőször

– szintén csak elvi jelentőségű modellként – az elképzelt amortizációs rendszer gyakorlati kivitelezésére tértünk át. Ahogy tanulmányosorozatunk előző részében már utaltunk rá²⁰, olyan műszaki technikát kellett tervezni, amely biztosítja, hogy a tüzelés során fellépő erőhatások eredője a legjobb közelítésben a fegyvercsőfurat tengelyébe essen, és ennek a tengelynek a meghosszabbított egyenese szintén az elérhető legkisebb eltéréssel messe a vállpárna vállra felfekvő felületének geometriai középpontját. Ez a megoldás biztosíthatja, hogy a lövés hatására történő csőfelvágódást kiváltó forgatónyomaték is a lehető legkisebb legyen. Az amortizációs rendszerbe beépített elemeknek tehát garantálniuk kell, hogy a fegyvercső addig a belbalisztikai ideig, amíg a lövedék ki nem lép az átmeneti balisztika tartományából (legalább 2 m-re) a csőtorkolat után, a hátramoszduló, lezárt fegyvercsővel és csőszájfékkel növelt tömeg útjának legalább 9 mm-es szabad mozgást²¹ kell biztosítani. Ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy ezt

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

a hátramoszult csőszerkezetet a lövés után alaphelyzetébe előre is kell tolnia egy megfelelően lágy karakterisztikájú rugónak, hogy minél kisebb nyomatókat generáljon a fegyvercsőtengelyre.

A KÍSÉRLETI MINTAPÉLDÁNY ELKÉSZÍTÉSE

A szerző az elvi felépítési vázlat alapján megkezdte a szerkezet átgondolását és az alkatrész szintű vázlatok elkészítését. Ezek eredményeként végérvényesen eldőlt, hogy:

- a fegyver legyen egylövetű. A tervezés elején a tanulmány szerzőjének javaslatát Egerszegi János és Piroška György – a tervezői csoport tagjai – is elfogadták. Ezzel minden öntöltést biztosító, de a csőfurat tengelyére zavaró nyomatókat gerjesztő mechanikus szerkezet elhagyhatóvá válik. Abban az időben minden jelentősebb nyugati mesterlövészpuska legfeljebb ismétlő volt²², de szép számmal akadtak tár nélküli egylövetűek is;
- a legkisebb zavaró nyomatókat adó egytengelyűséget kell biztosítani. Ennek érdekében a már vázolt elvi felépítést hűen követve, a legcélszerűbbnek a „csőben cső” formátum mutatkozott, amely szerint egy acélcső tokban, vezetetten siklik hátra maga a fegyvercső, ehhez a csőhöz kapcsolódik a válltámasz csőve, és annak végére erősítik fel a váll-lapot a vállpárnával, a közös tengelyben. Ezekben a csövekben működjenek majd szintén egytengelyű módon a helyretoló rugók;
- a szállíthatóság érdekében az elérhető legrövidebb fegyverhosszra kell törekedni. A fegyvercső eredeti 1100 mm-es hosszát meg kell hagyni, de a cső rövidítését – a lövedék mozgási energiájának csökkenése érdekében – a szerző/tervező²³ elvetette. Figyelembe kellett venni, hogy a fegyver hosszát a csőszájfékkel és zártokkal növelt csőhosszúság, a zárszerkezet, a töltény betöltéséhez/ürítéséhez²⁴ szükséges tér, az elsütőszerkezet, a válltámasz és a váll-lap együttes, a csőfurat-tengellyel párhuzamosan egymásra fűzött hosszúsága határozza meg. Ezek a szerkezeti elemek első közelítésben mintegy 1600 mm hosszúságot jelentettek. Így valamivel rövidebb lett volna a fegyver a szovjet 1891/1930 Moszin–Nagant puskánál²⁵, az ugyanilyen ürméretű, ma is rendszerben lévő SzVD távcsőves puskánál²⁶ azonban több, mint egyharmaddal hosszabb. A szerző ezért úgy vélte, megoldás lehet, ha a zárfej és az elsütőberendezés a pisztoly-markolattal egybeépül, (14. ábra) és a tölténytár is elmarad a legrövidebb fegyverhosszúság érdekében;
- a zárszerkezet nem lehet bonolyult szerkezetű. A fegyvercső végét lezáró zártok, és az abba illeszkedő zárfejet – bár a zárást a zárfej elfordításával képelték el –, nem vezérelhetette semmiféle kényszerpálya (főleg a bel-, és az átmeneti ballisztika fázisában). A zárfejnek is a legegyszerűbb kivitelűnek kellett lennie, így az szimmetrikus terhelésű zártkörökkel készült, és a zárfej T alakú, lapátos kivitelben készült. A zártok kivágása olyan méretű és szélességű, hogy elősegíti a töltény kézi betöltését a töltényűrbe. A zárfej szabad (lengő) ütőszeg tartalmaz (hiszen nem lehet olyan dinamikus terhelés, amely miatt az előrevágódó ütőszeg már zárolatlanul is elsüti a csappantyút), tartalmazza a hüvelyvonót, amely a töltőűrbe betöltött töltényhüvely peremén is át tud ugrani, hogy azt a karmával megragadhassa. A kivetést a zártkörben elhelyezett rugós, hengeres kivetődugattyú segíti (később kiderült, hogy ez felesleges, mert a töltényűrből kihúzott



14. ábra. A zárfejjel egybeépített elsütőberendezés (Forrás: a szerző szerkesztése)

hüvely, vagy a teljes töltény minden esetben kiesett a zárfejből, mivel a hüvelyvonó ürtési helyzetben a zárfejen alul helyezkedett el). A zárfejjel egyesített elsütőberendezés a válltámasz csőkivágásán keresztül elfordítható, kiemelhető, visszahelyezhető és lezárható, ennek érdekében ezen a csövön – a 90°-os zárolás miatt – a kivágás méretét mindkét irányban a zárszerkezet vastagságának felével meg kellett növelni. Ebben az esetben a kivágás két élfelülete biztosítja az egyesített zár/elsütő mindkét véghelyzetében a zárfej könnyű betolását/kihúzását a zártokba/zártokból. A zárfej zártkörmei jobb oldali, 90°-os elfordítással épp belesiklanak a zártok két kivágásába, lezárólt helyzetben az elsütőmarkolat függőleges helyzete a szokásos lőfegyver elsütőmarkolat érzését szolgáltatják;

- a lövésre ható ütőszerről terhelést csökkenteni kell. A hátrasikló szerkezeti elemek véghelyzetben nem ütökzhetnek fel fém a fém, ezért nagy keménységű, zöld színű (95 Shore A) előfeszítetlen poliuretán rugógyűrűbe csapódnak be. A vállpárna gumi-, és polifoam lapok egymásra ragasztásával készül. A vállpárnát tartó acél váll-lapot a vállhoz idomulóan alakították ki, és az aljára a fegyver tengelyével párhuzamosan felhegesztett acélcső, valamint a ráhegesztett előrenyúló perforált, ívelt és a válltámaszcsőre feltámaszkodó, siklófészekben megvezetett laposacél teszi lehetővé, hogy a váll-lap a válltámaszcsőbe be tudjon siklani. A cső egyben fogantyúként is szolgál a bal kéz számára, és belső átmérője befogadja a hónaljpalcát is;
- a pontos célzás és a lövés biztosítása érdekében: a fegyver acéltokjára megfelelő minőségű optikai irányzékot kellett felszerelni egy arra alkalmas távcsőszerelellyel, amellyel legalább a lőtávolsághoz tartozó helyszögek (csőfurat-tengelyemelési szögek) beállíthatók. A fegyvert villaállványra kell állítani;
- a fegyver könnyű szállítása érdekében: hosszabb távra hátán viselhető hordzsákok, rövidebb távra hordfogantyút alakítottak ki.

A felsorolt megfontolások és követelmények alapján 1988 októberére – közel egyhetes, folyamatos, megfeszített munka után – a szerző elkészítette a Gepárd puska



kísérleti mintapéldányának rajzdokumentációját, az alapvető szilárdsági számításokkal együtt, amely alapján, szinte azonnal meg is kezdődött a példány legyártása a FETE²⁷ kisvállalkozásnál. Abban az időben kapcsolódott a munkába Szép József²⁸, a FETE tervező mérnöke, aki azonnal bekapcsolódott a Gepárd fegyverek fejlesztésébe. Ő végzte többek között a Gepárd öntött fegyverek kialakítását, hivatalos megrendelés nélkül is, saját ötlete alapján. A legelső tervekben az elsütőberendezést – az időhiány, valamint a rendelkezésre álló alkatrészek alapján a szerző egy RPG-7-es gránátvető elsütőberendezésének adaptálásával képzelte el²⁹, mert annak az elsütéséhez szükséges erő alig volt több 10 N-nál, és jellegzetes külső kakasos kivitelével könnyen meg lehetett feszíteni, továbbá rendelkezett elsütésbiztosító szerkezettel is. A problémát az okozta – az RPG-7 vetőre jellemzően –, hogy a kakas függőlegesen felfelé ütött, amelyet csak egy negyed köríves fészki golyósr beiktatásával lehetett (volna) vízszintesbe fordítani. Ezt a változatot – mielőtt a hibás elképzelés nyomán az eszközt legyártották volna – Szép József elvetette, és egy kézi vázlatban, azonnal reprodukálható módon megtervezte az azóta is használatos elsütőberendezés első változatát³⁰, amely a szakember kimagasló tehetségét igazolta. Ez az elsütőberendezés is – a megkövetelt új funkciók kielégítése érdekében – az idők során némiképp változott, de alapjaiban máig megmaradt.

A FETE 1989 lelegejére egyedi gyártással (sokszor fúrás-faragással és rengeteg kézi munkával) állította elő a mesterlövész puska működő és már vizsgálható kísérleti mintapéldányát, amely ebben a sorozatban a Gepárd III. jelést kapta. Az egylövetű puska minden olyan lényeges szerkezeti elemmel rendelkezett, amelyek nyomán használható mesterlövész puska kísérleti mintájának lehetett tekinteni. Leginkább a cső a csőben formavilágot idézi (15. ábra). A lehetséges legnagyobb mértékben lecsupaszított, civil megfogalmazás szerint „a formája egyszerűségében elegáns, mégis van benne valami brutális”. Csak optikai irányzékkal rendelkezett (később igazolódott, hogy mechanikus irányzékra nincs is szükség), amelyet Fellegi István saját kezdeményezésére hagyott jóvá a HTI, és amely egy 4–12×50-es varió nagyítású, japán Nikko-Stirling Butterfly vadász puskatávcsó. A távcsőszerelék csavarorsós rögzítésű, kétcsapos tájolású. A puska egyaránt használható a 7,62 mm-es PKMSz géppuska Sztjepanov állványáról (a tokra felhegesztett mellő és hátsó kapcsoló adapterrel kiegészítve), és saját mellő villaállványáról is, ami egy PKM géppuska villaláb, szintén a tok alá hegesztett rövid, megfelelő átmérőjű hengerre³¹ kapcsolva. A célzás bizton-

15. ábra. A Gepárd III. jelű kísérleti minta villalábban, kihúzott hónaljpalcával, optikával és már arctámasszal (pofadékkal)



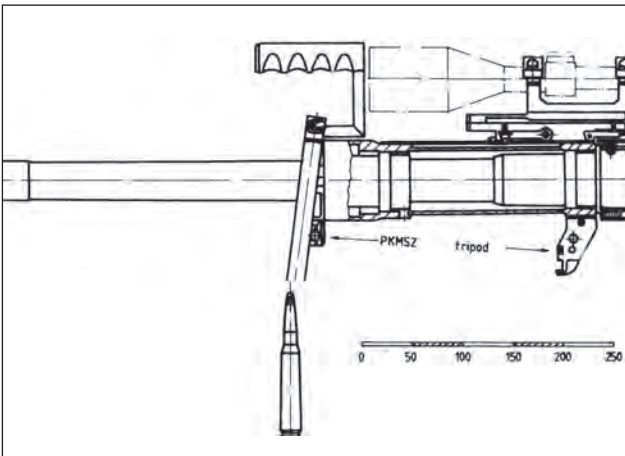
ságának növelése érdekében a váll-lap alsó csövéből kihúzható váll-, vagy hónaljcsövet is elkészítették. A mellő poliuretán ütköző rugógyűrűt még az acélcsőtokon kívül helyezték el. A hordfogantyú az NSzVT-cső eredeti helyén, eredeti kivitelében megmaradt. A fegyvercsőre az Egerszegi-féle csőszájfék került.

Ezzel a fegyverrel a szerző adta le az első lövéseket a táborfalvai lőtér 300 m-es, ún. sebességpályáján.³² Már az első lövések során kiderültek a következők:

1. a fegyver hátrarúgása több, mint kellemetlen, közelíti az „igen fájdalmas” minősítést, bár a csőszájfék és az amortizációs elemek, valamint a hátrasikló rendszer a terveknek megfelelően rendben működik. A csupasz váltámaszcső, lövés közben jelentős ütést ad a lövész rátámasztott arcának;
2. a villaláb forgáspontjának mélyen a fegyvercsőfurat alá helyezése hajlamossá teszi a fegyver függőleges beállításából történő lefordulását (balra/jobbra), a villaláb tengelye körül;
3. az elsütőberendezés kiemelten finom működésű, az elsütőerő inkább 5 N körüli értékű, elképzelhetetlen a sütésbe való „belerántás” amiatt, hogy a lövő „verekszik”³³ a billentyűvel. A későbbi évek során az 10-15 N elsütőerő vált az általánossá;
4. a mellő villa talajjal érintkező felületi pontja – mint forgáspont – körül a fegyver lövéskor kissé hanyatt billent, amit a váll-/hónaljcső sem tudott kellően kompenzálni. Ezért elkerülhetetlenné vált egy harmadik, hátsó láb alkalmazása, amelynek lehetővé kellett tennie a fegyvercső beállítását lövés közben, helyszögben fokozatmentesen, és az ott történő megtartását. A hatalmas nyomaterő miatt erre a célra semmilyen fokozatmentes, súrlódásos, csúszkás rögzítés nem jöhetett számításba, kizárólag a csavarmentes emelőben lehetett gondolkodni, ezt meg kellett terveznie a szerzőnek;
5. a távcső jusztírozását csak egy adott lőtávolságra lehetett beállítani (ebben az esetben 100 m-re). Az ettől eltérő lőtávolságok nem voltak közvetlenül beállíthatók, mert az irányzó elemeket vadászati célokra alakították ki, a harcmező sokszor folyamatosan változó képéhez nem igazodhattak. Emiatt már a kezdetekben felmerült a távcső kiegészítése más műszaki megoldással.
6. A fegyver várható hosszmerete kérdésessé tette a kézben történő szállítást lehetőségét, a szállítási hosszúságot jelentősen csökkenteni kell;
7. A töltés-ürítés esetlegesen felmerülő problémáit, a korábbi általános tapasztalatok alapján át kell tekinteni.

A Gepárd III. a PKMSz géppuskaállványra felszerelve – a PKM géppuska kapcsoló elemeinek adaptálásával és a puskára való rögzítésével – egy csapásra megszűnt a gondok jelentős része. Mivel a HTI rajztára rendelkezett a 7,62 mm-es géppuska teljes gyártási dokumentációjának magyar nyelvű honosításával is (a géppuskát a Danuvia Gépgyár gyártotta az MN számára, valamint exportra), a vonatkozó rajzok alapján a szerzőnek nem volt más dolga, mint hogy a PKMSz-állványhoz való kapcsolódó elemek konfigurációját és térbeli helyzetét ráapplikálja a Gepárd puska hengeres acéltokjának aljára (16. ábra). A feladat azonban mégsem volt annyira egyszerű, mert a Sztjepanov állványnak nem volt HTI-s gyártási dokumentációja, azt az MN importból szerezte be. Ezért minden méretet a géppuska rajzdokumentációban őrzött, műszaki rajzairól kellett a térben – megfelelő pontossággal – egymáshoz szerkeszteni.

A PKM-állványon a fegyver professzionális módon működött (17. ábra). Az így leadott több száz lövés kedvező



16. ábra. Egy Gepárd III. puská és a PKMSz géppuskaállvány kapcsolódási pontjai egy méretarányos B32 tölténnyel szemléltetve

eredményeket hozott, különösen a fegyver precizitását érintően. A vizsgálatokat akkor már kizárólag a hazai előállítású – 1979-től gyártott – 12,7 mm-es B32-es töltényekkel végeztük. A lövésszámok emelkedésével fokozatosan sikerült az SzVD pontosságképeségét meghaladni, miközben a fegyver csőtorkolatra vonatkoztatott átlagos lövedéktorkolati sebessége elérte a $v_0 = 850$ m/s értéket. Elkezdődött a lövők kiválasztása is, akik közül a táborfalvai állományba tartozó Tikász Gyula hadnagy kiemelkedett mesterlövész képességeivel³⁴.

A továbbiak megértése érdekében fontos információ, hogy a kísérleti példányból csupán egy példány készülhetett, miután a HTI a fejlesztést jóváhagyott fejlesztési terv nélkül, saját forrásból volt kénytelen finanszírozni. Ezt az egy példányt azonban számos alkalommal át lehetett alakítani a felmerült igények kielégítése érdekében. Emiatt



17. ábra. A Gepárd III. jelű kísérleti minta, PKMSz-állványon, kihúzott hónalj pálcával

egyértelműen eredeti állapotú Gepárd III. semmilyen formában nem maradhatott fenn, a fegyver, az utókor számára csupán két archív fotón látható (15., 17. ábra)³⁵.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [12] VenatuS. Vadász és Fegyvermagazin – Venatus Kft. Szentendre 1990/4 december;
- [13] Löfe/2. Anyagismereti és lőutasítás az 1891/30 M. puskához – 1954. A Honvédelmi Minisztérium Kiadása.

JEGYZETEK

- 20 Haditechnika 2023/3. szám 19. oldal: az amortizációs rendszer elvi vázlatát ismertető 12. ábra.
- 21 Dr. Piroška György (a bel- és külbálsztikai számítások szakértője) által készített számítógépprogram. Földi Ferenc: a 12,7 mm-es Gepárd M1 mesterlövész puská műszaki alkotás leírását tartalmazó PhD munka M51 sz. melléklet 5–9. o.
- 22 Ez alól egyetlen kivétel akadt, a 7,62 × 51 mm-es NATO űrméretű H&K PSG–1 öntöltő mesterlövész puskája, mert annak a speciális, görgős, az ütőszeg által vezérelt zárszerkezete nem okozott jelentős mértékű ilyen nyomatékot.
- 23 A tűzfegyver *termodinamikai szempontból* egy belső égésű hőerőgépnek tekinthető, ahol a munkavégzés a fegyvercsőben, mint egy hengerben zajlik, és dugattyúja maga a lövedék, amely gyorsítására fordítódik a hőenergia, tehát nem közömbös annak a hosszúsága (lökethossz). A csőhöz képest a fegyver többi alkatrészét azonban csupán segédberendezésnek kell tekintenünk. Ez magyarázza a csőhosszúsághoz képest a még kezelhető legrövidebb fegyverhosszra való törekvést.
- 24 Üritéskor is a teljes töltényhosszat kell figyelembe venni, mert egy esetleges elcsúszás esetén sem maradhat a töltényürben a hibás töltény.
- 25 Az Magyar Néphadseregben (MN) is rendszeresített, majd 3 évtizedig rendszerben tartott 7,62×54R mm-es 1891/1930 Moszin–Nagant puská neve a magyar katonai szlengben „dióverő” volt. A cső hossza: 620 mm, a fegyver hosszúsága: 1660 mm [13; 2. melléklet, 102].
- 26 A 7,62 mm-es SzVD távcsöves puská csőhossza: 730 mm, a fegyver hosszúsága: 1225 mm [10; 1. melléklet, 109].
- 27 A FETE tulajdonosa Fellegi István kisiparos korábban a DIGÉP H gyáregység (Ágyúgyár) főmérnöke volt.
- 28 Szép József személye meghatározó volt a Gepárd fejlesztése során. Fejlesztő mérnökként napjainkban is dolgozik, részt vett többek között a Gepárd II. kísérleti minta, a Gepárd M2/M3/M4, /M5, az M6 Hiúz, és a legkorszerűbb C50 mesterlövész fegyver fejlesztésében is.
- 29 A HTI raktárában nagy mennyiségben állt rendelkezésre.
- 30 Ez a válasz arra az interneten keringő téves állításra, hogy a Gepárd M1 puskák elsütőszervezete egy RPG7-esé.
- 31 Ez a henger és villaláb lett később a mintapéldány alapja az SzVD-puská olyan villaláb-konstrukciójának, amely nem terheli a puskacsövet hajlító nyomatékkaal (az addig itthon alkalmazott villaláb az SzVD-cső megfelelő átmérőjére volt kapcsolva, a fa alsó csőköpenyen kivágott nyíláson keresztül).
- 32 A tűzér hagyományoknak megfelelően, aki a fegyvert tervezte, az lehet vele elsőként.
- 33 Ha a mesterlövésznek túl nagy erőt kell kifejtenie az elsütéshez, akkor az elmozdíthatja a fegyvercső tengelyét a célzásokor beállított térbeli helyzetétől (beleránt a lövésbe). A mesterlövészek között nem kell igazán attól tartani, hogy alacsony elsütőerő idő előtti lövéshez vezethet.
- 34 „A valódi mesterlövészt nem lehet a semmiből kiképezni, arra születni kell!” – így hangzik Simkó Imre rendőr alezredes (1930–2021), a rendőri kommandós lökiképzés és mesterlövész kiképzés atyjának megszívlelendő intelmé.
- 35 Ahogy a szerző korábban jelezte: a Gepárd-fejlesztés dokumentációja, az összes fényképfelvételével együtt elveszett(?) az átszervezések és költözések során.



Farkas Zoltán*

A világ legütőképesebb harckocsijai I. rész

A harckocsi a szárazföldi erők egyik legfontosabb harceszköze. A harckocsit, az első harctéri megjelenésétől kezdve mindig a félelem, az erő és a győzelem kivívásának egyik legfontosabb eszközének tartották. Korábban kétségkívül az eredményesen megvívott harc legfontosabb tényezője volt. Napjainkban is fontos szerepet játszik a harc megvívásában, bár a meghatározó jellegét, fontosságát egyes szakértők ma már megkérdőjelezzik. A tankot a tervezők az idők során folyamatosan tökéletesítették, mert az eszköznek – az alkalmazók által felmerült igények megvalósítása érdekében – egyre több követelménynek kellett megfelelnie. Az első, harctéren alkalmazott harckocsi, az angol Mark I, (2. ábra) elsősorban nem a tűzerő, a mozgékonyság vagy a védettség tekintetében volt kiemelkedő, hanem a megjelenésével. A soha nem lá-



2. ábra. Egy angol gyártmányú Mk I (Male) harckocsi. Az eszközök első bevetésére 1916. szeptember 15-én, a somme-i fronton, Martinpuich és Combles települések között került sor [10]

ÖSSZEFOGLALÁS: A harckocsik a szárazföldi erők legfontosabb harceszközei közé tartoznak. Kiemelt szerepet játszanak a harc megvívásában, bár meghatározó jellegüket egyes szakértők napjainkban már megkérdőjelezzik. Az idők során a tervezők folyamatosan tökéletesítették a harckocsit, amelynek az alkalmazók által támasztott követelménynek meg kellett felelniük. A harctéri alkalmazás során szerzett tapasztalatok tehát alapvetően határozzák meg a fejlesztések irányát, így a változtatások-finomítások szinte folyamatosak. Részben ez az oka annak, hogy az egyes típusok különböző változataival egyidőben lehet találkozni. A valós adatokhoz történő hozzáférés nem minden esetben biztosított, ezért a 11 legkorszerűbb típus bemutatása után a szerző nem állít fel sorrendet a harckocsik között. Az ismertetett típusok egymástól eltérő, egy-egy területen kiemelkedő adottságokkal rendelkeznek, de összességében – képességek tekintetében – közel azonos harcértéket képviselnek.

KULCSSZAVAK: harckocsi, Leopard 2A7+, K2 Black Panther, Armata, Merkava

ABSTRACT: Tanks are one of the most important combat tools of the land forces, so they play an important role in fighting, although some experts now question their decisive nature. Over time, the designers improved the tank more and more, as they had to meet the requirements set by the users. The experiences gained during the battlefield application therefore basically determine the direction of the developments, so they are almost continuous. This is also the reason why different versions of each type can be encountered at the same time. It is not always possible to access real data, therefore, after presenting the 11 most modern types, the author does not set up an order between the tanks. The described types have different, outstanding abilities in each area, so they represent almost the same combat value in terms of abilities.

KEY WORDS: MBT, Leopard 2A7+, K2 Black Panther, Armata, Merkava

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



3. ábra. Egy német Leopard 2A6 típusú harckocsi víz alatti átkelését mutat be egy 2017-es rendezvényen Trierben. A WTD 41 alakulatok trieri központjában a harcjárművek és berendezések tesztelésére különböző tesztkörnyezetek, teszt pályák állnak a Bundeswehr kísérleti és tesztegységeinek rendelkezésre (Fotók: Kelecsényi István)

tott „acélszörnyeteg” a látványával fejtett ki rendkívüli pszichikai hatást, és kimozdította az állóháborút. Újszerűen hatott, hogy gyalogsági fegyverekkel nem volt sebezhető, hogy kezelőszemélyzete védettséget élvezett a szegecselt páncélzattal borított harcokocsitest belsejében, és az eszköz képes volt a beépített géppuskák segítségével az ellenségre tűzhatást kiváltani, miközben könnyedén áthaladt a nehéz terepszakaszokon, árkokon.

Az első bevethető brit harckocsikat a francia Renault FT-17-es harckocsik követték, amelyeknek már körbe forgatható tornyuk volt, [1] és formájuk a ma már jól ismert külalakra hasonlított. A kezdeti, páncéltesten körbefutó láncpalt helyett megjelent a jóval kisebb, és a páncéltest mellett elhelyezett futómű, rugózott láncfeszítő szerkezetű láncpalt, amely kialakításának köszönhetően nagyobb sebesség elérését tette lehetővé. Emellett az alkalmazott fegyverek úrmérete is egyre növekedett. A fejlesztés, korszerűsítés aránylag gyors ütemben zajlott, és az évek múlásával a technika fejlődésével a belső égésű motorok teljesítményének növekedésével, valamint a különböző fegyverzetek és figyelőműszerek, híradó-berendezések beépíthetőségével, a páncéltest előállításának nehézségeinek megoldásával egyre korszerűbb harckocsik épültek. Európában a szovjet, a német, a francia és az angol harckocsitervezők jártak élen a fejlesztésben. Természetesen ennek alapfeltétele a megfelelő ipari háttér, [2] valamint a megfelelő tudású szakembergárda volt.

A második világháború és a különböző helyi háborúk alkalmat adtak és adnak az elkészített gyártmányok éles helyzetben történő alkalmazására, kipróbálására, a szükségesnek ítélt korszerűsítések elvégzésére. A már korábban említett elvárások meghatározták azt a hármas követelményt, amely a harckocsiépítés alapvető szempontjaivá váltak: a védettség, a tüzérő és a mozgékonyág. A második világháborúban a korábbinál már jóval több ország által gyártott harckocsit alkalmaztak. Ezek közül kiemelkedtek a szovjet gyártású T-34/85, ISZ-3 típusok, a német Panzerkampfwagen V (PzKpfw V) Panther, PzKpfw VI Tiger II Ausf. B, az amerikai M4 Sherman, kisebb számban a brit Matilda II harckocsik. A harcok megvívása során szerzett tapasztalatok birtokában minden érintett állam igyekezett egyre korszerűbb harckocsikat építeni. A II. világháborút követő évek alatt, a hidegháború időszakában a haditechnikai eszközök fejlesztése, korszerűsítése gyors ütemben haladt. Csak a lényegesebb fejlesztéseket említve – egyre több harckocsiban jelentek meg a találati pontosságot biztosító lövegstabilizátorok, a korszerű irányzórendszerek, az éjszakai tájékozódást biztosító infravörös éjjellátó műszerek, valamint az összeköttetést biztosító korszerű híradó-berendezések. A páncélzat szerkezetének összetétele jelentősen befolyásolta a kezelőszemélyzet biztonságát, életének védelmét. További fejlesztésként számos harckocsi-típusba automata lövegtöltő berendezéseket építettek be, csökkentve ezzel a kezelőszemélyzet létszámát. A hideg-



1. táblázat. A tanulmányban ismertetett harckocsik legfontosabb műszaki-harcászati tulajdonságai (A szerző szerkesztése [4] alapján)

Gyártó ország	Típus	Tömeg (t)	Motor		Kezelő-személy-zet (fő)	Fegyverzet			Sebes-ség (km/h)	Ható-távolság (km)	Auto-mata töltő	Gyár-tás éve
			típus	teljesítmény (kW)		lőveg (mm)	gpu.* (mm)	lé.gpu. (mm)				
Németország	Leopard 2A7+	65	MTU MB 873 dízel	1100	4	120, sima cső	7,62	12,7	72	450	nincs	1970
Oroszország	T-90M	46,5	V-92 dízel	730	3	125, sima cső	7,62	12,7	65	550	igen	1993
	T-90SM	48	nincs adat	920			PKT	NSZVT		650		2016
Izrael	Merkava	63	GD 883 dízel	1100	4	120, sima cső	7,62	12,7	65	500	nincs	2004
	IV											
Kínai Népköztársaság	VT-4	52	turbódízel	955	3	125, sima cső	7,62	12,7	75	600	igen	2014
	(MB3000)											
Franciaország	Leclerc	53	V8X-1500	1100	3	120, sima cső	12,7	7,62	71	550	igen	1990
	AMX-56		uni-dízel									
Dél-Korea	K2 Black	55	MT883KA	1100	3	120, sima cső	7,62	12,7	70	450	igen	2011
	Panther		DV27K dízel									
Amerikai Egyesült Államok	M1A2	60	gázturbina	1100	4	120, sima cső	7,62	12,7 gpu.	67	465	nincs	1979
	Abrams							7,62 gpu.				
Oroszország	T-14	55	A85-3A	1100	3	125, sima cső	12,7	7,62	90	500	igen	2015
	Armata		dízel				Kord	PKTM				
Egyesült Királyság	Challenger	62,5	Perkins	880	4	120, sima cső	7,62	7,62	59	550	nincs	1994
	2		CV12 dízel				gpu.	gpu.				
Japán	Type10	44-48	V8, dízel	880	3	120, sima cső	7,62	12,7	70	500	igen	2012
	Type90	50	Mitsubishi 10ZG dízel				1100	3				

*géppuska, vagy légvédelmi géppuska

háborús évtizedekben hangsúlyt fektettek a nukleáris, a biológiai és a vegyi védelem megoldására, de akkor építettek be először tűzvédelmi rendszereket is, és nem utolsósorban korszerűsítették a futóműveket, a tűzvezető rendszereket. A harckocsik könnyű kategóriájában korszerűsítették az úszóképes harckocsikat, továbbá a nem úszó harckocsikat – általában 4–5 m vízmélységig – képessé tették a vízi akadályok mederfenéken történő leküzdésére.

A hármas követelmény közül az utóbbi időben kiemelt jelentőséggel bírt a védettség tökéletesítése. A harckocsik tömegének a növekedése nem újkeletű probléma: a páncélvastagság növelésével együtt növekszik a harckocsi tömege. A korábbi időszakokban a páncélvédettség, és annak milyensége jelentette a fő hangsúlyt. A hidegháború befejezése óta – az aszimmetrikus és hibrid hadviselés során alkalmazott eljárások, valamint a technikai fejlődés nyomán – jelentős mértékben nőtt, szélesedett azoknak a pusztító katonai eszközöknek a vertikuma, amelyek fenyegetést jelenthetnek egy harckocsira. [3] A harckocsi tornyát és a páncéltest homlokzati részét (orrpáncél) a becsapódó gránátok hatástalanítása érdekében nem robbanó, vagy robbanó reaktív páncéllal védik. A (non-explosive reactive armor – NERA) nem robbanó páncél (Burlinghon páncél)¹ acéllapok közé préselt elasztomerekre (szendvicsszerkezetekre) alapoz, amelyek

a keményített acél külső réteggel ellátott üreges páncéljában helyezkednek el. Ezt alkalmazzák a Leopard 2A5, a T-72B, a T-14 Armata, az M1A2 Abrams, K2 harckocsiknál. A becsapódáskor a becsapódó lövedék vagy a kumulatív sugár fizikai hője miatt ez a réteg elpárolog, és a 45–70°-ban döntött páncéllemezek deformálódnak, így a lövedéket rombolja. A robbanó páncél (Explosive Reactive Armor – ERA) esetében két páncéllemez között robbanó anyagot helyeznek el, amely a lövedék becsapódásakor felrobbanva eltéríti a lövedéket, így annak páncélatütő képessége lecsökken vagy megszűnik.

Napjainkra széles körben elterjedt a drónok sokrétű katonai alkalmazása. A harckocsik esetében a motor- és erőátviteli térre felülről ledobott robbanóanyag a harcászati mozgásképtelenné válását vagy a teljes megsemmisülését jelenti. Mint ismeretes, a harckocsi egyik gyenge pontja a motor- és erőátviteli tér feletti vékony páncél, valamint a torony aránylag vékonyabb tetőpáncélja. Ennek oka az, hogy a motor és segédberendezéseinek műszaki kiszolgálása érdekében a búvónyílásoknak aránylag könnyen, kézi erővel is működtethetőnek kell lenniük. A tervezők korábban is törekedtek arra, hogy ezeket a kritikusnak mondható területeket minél biztonságosabbá tegyék. A különböző harci cselekmények tapasztalatai alapján – különösen a rögtönzött robbanóeszközök (IED – improvised



4. ábra. A magyar Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében beszerzett 44 darab Leopard 2A7HU típusú harckocsi 2024-ben rendszeresítheti a szárazföldi haderőt. (A képen egy Katar számára készült harckocsi látható) (Fotó: Ocskay István)

explosive device) megjelenését követően – terjedt el a nehezebben átüthető páncélzat. A harckocsi városi harcban történő alkalmazása során ez a probléma kiemelt jelentőséget kap, hiszen a klasszikusnak mondható ún. Molotovkóktélok folyékony, éghető anyaga bejutva a harckocsi belsejébe tüzet, robbanásokat eredményez, az eszköz harcceptelenné válik, a kezelőszemélyzet pedig életét veszti. A harckocsikra természetesen más pusztító eszközök is súlyos veszélyt jelentenek. Ilyenek lehetnek a páncéltörő gránátok és rakéták, az űrméret alatti lövedékek, a kumulatív gránátok, a különböző típusú aknák, és egyéb precíziós fegyverek is.

Nem könnyű feladat a napjainkban rendszerben lévő legmodernebb harckocsikról összehasonlító képet adni, hiszen a valós adatok sok esetben nem publikusak. Az alkalmazás során szerzett tapasztalatok alapvetően meghatározzák a fejlesztések irányát, így azok állandó jellegűek, folyamatosak, ezért az egyes típusoknak különböző változataival egyidőben lehet találkozni.

Az 1. táblázat áttekinthetővé teszi a legfontosabbnak ítélt főbb műszaki adatokat, jellemzőket. Megállapítható, hogy a fegyverzet tekintetében jellemző a sima csövű harckocsilövegek alkalmazása, amelyek jellemző űrmérete 120–125 mm, a motorok teljesítménye 730–1100 kW (1000–1500 LE) közötti (többségükben a nagyobb teljesítményű), hatótávolságuk 450 km-től 600 km-ig változik, de jellemzően 500 km, tömegük 47,5–67,5 t között változik. A mozgékonyaságot illetően a sebességük kiépített úton 60 km/h-tól 80–90 km/h-ig terjed.

LEOPARD 2A7+ [5][6][7][8]

A Leopard 2A7+ alapharckocsi a Krauss–Maffei–Wegmann vállalatcsoport által korábban gyártott Leopard 2A6 MBT (Main Battle Tank – alapharckocsi) továbbfejlesztéseként jött létre. A négygenerációs besorolásban a 2A7+ változat a harmadik generációs harckocsik csoportjába tartozik, míg a hétgenerációs felosztás szerint a hatodikba. A fejlesztések eredményeként elődeihez képest fokozottabb védelmi és felderítő képességekkel rendelkezik. A parancsnok munkáját segíti a BMS (Battle Management System – harckezelő rendszer, amely megfelel a C4I – Command Control Communications Computers and Intelligence követelményeknek) integrált vezetési és információs rendszer. E harckocsi esetében az IFIS (Integriertes Führungs- und Waffeneinsatzsystem – integrált parancsnoki és fegyverbevetési rendszer) felelős a harctéri információáramlásért. A parancsnok PERI R17A3 típusú periszkóppal rendelkezik, amely 360°-os kilátást biztosít számára a harckocsi környezetére. A moduláris rendszerű páncélzat jó védelmet nyújt a páncéltörő rakéták, a rakétagránátok (RPG) és az improvizált robbanószerkezetek ellen. Az L55 űrméret-hosszúságú, 120 mm űrméretű, sima csövű harckocsilöveget és a löszereket a Rheinmetall Group szállítja. A harckocsilöveg APFSDS-T (Armour-Piercing Discarding Sabot-Tracer – levállóköpenyes páncéltörő löszér) és programozható HE (High Explosive – nagy robbanóerejű) kumulatív/repesz-romboló löszerral tüzel. A fő fegyverzet mellett a harckocsin egy 7,62 mm űrméretű MG3A1 koaxiális géppuska is található, míg a parancsnok kezelésében lévő FLW/200 távvezérelt



fegyverállványon egy MG3 típusú légvédelmi géppuska is helyet kapott. A két fegyver javadalmazása 1500–1500 darab lőszer. A harcscsatorny két oldalán 8-8 darab, 76 mm-es Wegmann ködgránátvetőt helyeztek el az önálcazás biztosítása érdekében. A tornyot és a küzdőteret hűtőrendszerrel (Energie- und Kampfraumkühlanlage – EKKA) látták el. Az AEG-Telefunken FTL2 analóg és a Krupp-Atlas EMES–15 digitális tűzvezető rendszere hőkamerával, nappali CCD-kamerával, lézeres távolságmérővel, szélesebbésszmérő készülékkel rendelkezik, így mozgás közben is lehetővé teszi a stabilizált löveg nappali és éjszakai tűzvezetését. A Leopard fejlett optikai és elektronoptikai berendezéseit a Krupp-Atlas-Elektronik, az Airbus Defence, Carl Zeiss, korszerű álcázási rendszereit pedig a Saab biztosítja. (1. ábra) A kezelőszemélyzet védelmét szolgálja az atom-, biológiai, vegyi fegyverek hatásaitól a beépített szűrő-szellőző védelmi rendszer, amely automata tűzérzékelő és tűzoltó berendezéssel egészül ki. A kommunikáció (beszéd- és adatátvitel) 3 darab Thales SEM 80/90 típusú 30,0–79,975 MHz frekvencia-tartományban működő rádiókészülékkel történik.

A páncéltest és a torony új ötvözetű kompozit anyagokból készül tungsten (wolfram-karbid) és műanyag filler (helykitöltő), valamint kerámiabetéttel. A wolframbetéteket már a 2A4 harcscsínál is alkalmazták. A merőleges rétegelt páncél vastagabb, mint az előző típusoknál, és a burkolat anyaga itt is Chobham páncél. A páncéltesten és a toronyon úgynevezett előtét páncélok, a futómű védelmére köténypáncélt helyeztek el. A páncéltest kazamatás felépítésű, úgy a belső, mint az előtét páncélok esetében. A védelmi képességre jellemző, hogy a kinetikus energiával romboló lövedékekkel szemben a tornyot mintegy 50–60 cm, a homlokpáncélt mintegy 40–50 cm vastag hengerelt acél védi. A lefolytatott kísérletek bizonyították, hogy az APFSDS-lőszerek (Armour-piercing fin-stabilized discarding sabot – űrméret alatti, szárnystabilizált, leváló köpenyű nyíllövedék) 1,3 km távolságról a 152 mm űrméretű kumulatív és a 105 mm űrméretű wolfram APDS-lőszerek (Armour-piercing discarding sabot) közvetlen közelről sem képesek átútni a páncélt még abban az esetben sem, ha egy pontot több találat is ért. A haspáncélt is megerősítették az aknák elleni védelem fokozása érdekében. A jármű vészkijáratát a vezető mögött, a haspáncélon alakították ki. Érdekes megoldás a jobb oldalon elhelyezkedő harcscsínvezető-búvónyílás, amely az általánostól eltérően nem felfelé nyitható, hanem a 2 periszkóppal együtt, jobbra eltolva nyílik. A harcscsín, mederfenéken haladva négyméteres mélységű vízi akadályt képes leküzdeni. A küzdőtér, valamint a motor- és erőátviteli tér között tűzálló fal biztosítja a kezelőszemélyzet védelmét.

A harcscsín mozgását egy MTU (Motoren-und Turbinen-Union Friedrichshafen GmbH) 12 hengeres MB 873 Ka–501 típusú négyütemű, előkamrás ún. „mindenevő” (benzin, gázolaj, kerozin), turbófeltöltéses, intercooleres 47 600 cm³ lökettérfogatú, 1100 kW (1500 LE) teljesítményű, folyadék-hűtéses dízelmotor biztosítja. [9] A 2A7+ változat gyorsulása a harcscsín közül kiemelkedik, mert a 35 km/h sebességet 6 s alatt éri el. A HSWL.354 hidrodinamikusan nyomatékváltó négy előre és két hátrameneti sebességfokozat kapcsolását teszi lehetővé. A motor és az erőátviteli blokk (együtt EuroPowerPack) cseréje laktanyai körülmények között 15–20 perc alatt, a terepen 35 perc alatt végezhető el. A futómű felfüggesztése torziós rendszerű, a harcscsín hosszirányú lengéseit oldalanként négy-négy hidraulikus lengéscsillapító csökkenti. A 82 betétes lánctalp felső lánccágát 4-4 tartógörgő vezeti meg. Szükség esetén a gumibetétes lánctalp tagok közül 18 darabból a gumibetéteket eltávolíthatók, és az eszközre fém kapaszkodó karmok is felszerelhetők.

A Leopard 2A7+ típuson a legfontosabb fejlesztéseket az jelentette, hogy a toronyra új típusú géppuskát szereltek, az új típusú figyelő periszkóp nappal és éjszaka is körkörös megfigyelést tesz lehetővé. A támogató lövészkatonákkal történő kapcsolattartáshoz a harcscsín ellátták egy külső telefoncsatlakozóval is. A kezelőszemélyzet munkafeltételeinek javítása érdekében a belső teret légkondicionáló rendszerrel látták el. A harcscsín akadályelhárító tolólap, vagy akna kifordításra alkalmas eke felszerelésére is alkalmassá tették. A fejlesztések eredményeként a 67,5 tonnára növekedett tömeg miatt szükségessé vált az erőátviteli rendszer és a futómű megerősítése. A gyártó megállapítása szerint ez a konstrukció tovább már nem fejleszhető.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Harcscsín és páncélozott járművek típuskönyve Budapest: Zrínyi Katonai Kiadó, 1980.;
- [2] Turcsányi Károly. „A haderő harcscsín igénykielégítési folyamatának makroszemléletű vizsgálata” Budapest, 2008. Doktori értekezés <https://core.ac.uk/download/pdf/35135949.pdf> (Letöltve: 2022.9.10.);
- [3] Ocskay István. A harcscsínfegyverzettel rendelkező lánctalpas harcscsínjárművek megjelenése a világ hadseregeiben és ezek lehetséges logisztikai illeszthetőségi problémái az MH jelenlegi rendszerébe Katonai Logisztika 2020. 28. évf. 1–2. pp. 7–27. <https://doi.org/10.30583/2020/1-2/007>;
- [4] Tank Enciklopédia. <https://tanks-encyclopedia.com> (Letöltve: 2021.10.7.);
- [5] Tankograd-Militärfahrzeug Spezial N° 5058 Kamppanzer LEOPARD 2A7;
- [6] Miller, David. Korszerű harcscsín és harcscsínjárművek Budapest: Kossuth Könyvkiadó, 1994;
- [7] Kurcz Kristóf, Dr. Vég Róbert, Dr. Hegedűs Ernő. A Leopard 2 harcscsín család és a Magyar Honvédség 2A4 és 2A7+ típusváltozatai Haditechnika 2020. LIV. évf. 5. szám pp. 2–7. <https://doi.org/10.23713/HT.54.5.01>;
- [8] Kelecsényi István. A harcscsín „nagymacskái” – a Leopard 2-es harcscsín család I–III. rész, Haditechnika 2019. 53, 3–5. sz. <https://doi.org/10.23713/HT.53.3.09>, <https://doi.org/10.23713/HT.53.4.12>, <https://doi.org/10.23713/HT.53.5.11>;
- [9] Forrás: <https://news.europawire.eu/wp-content/uploads/2017/12/German-company-Krauss-Maffei-Wegmann-GmbH-orders-Mobile-Camouflage-Systems-MCS-from-Saab.jpg> (Letöltve: 2023.1.23.);
- [10] Forrás: Ernest Brooks, Public domain, via Wikimedia Commons <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=119588> (Letöltve: 2023.1.23.).

JEGYZETEK

- 1 A Chobham páncél az angliai Chobham Common területén található brit tankkutató központban kifejlesztett kompozit páncél nem hivatalos megnevezése, de általánosan a kerámia járműpáncélok megnevezésére is használják. A Burlingtonon a fejlesztés kódneve volt. Az 1980-as évektől megjelenő kompozit páncélok részletes felépítését az alkalmazó országok titokban tartják. A kerámiának nevezett szintetikus kristályok közül páncélba ágyazottan alumínium-oxid vagy korund golyókat és betéteket alkalmaztak a korabeli harcscsínokban. (A szerk.)

1. ábra. A Kijevhez közeli Hosztomel kettős rendeltetésű (polgári/katonai) repülőtere, annak ukrán erők általi visszafoglalása után [15]



Lesták Tamás*

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

A bevetett harceszközök teljesítménye a konfliktus eddigi szakaszaiban

A HÁBORÚ KEZDETI SZAKASZA

2022. február 24-én Ukrajna több részén is egyszerre kezdődtek orosz szárazföldi hadműveletek, amelyeket valamilyen formában minden esetben légi támogatás is kísért. Az egyik fő irányt a főváros, Kijev elleni előrenyomulás jelentette.

A kijevi támadással egyidőben azonban lezajlott egy annál sokkal szervezettebb és sikeresebb művelet az ország déli részén, az orosz Déli Katonai Körzet irányításával. A háború első napján egy sikeres (helikopteres) légi szállítási művelettel a különleges alakulatok elfoglaltak egy kulcsfontosságú átkelőhelyet a Dnyeper folyón, amely lehetővé tette a páncélos alakulatok előrenyomulását

Herszon (Херсон) városa felé, és maga a város is gyorsan elesett. A Krím félszigetről érkező orosz szárazföldi alakulatok is kis ellenállás mellett tudtak előrenyomulni. Március elejére egyesültek a kelet-ukrajnai területekről érkező szövetséges alakulatokkal, összesen majdnem 200 000 ukrán katonát csapdába ejtve Mariupol (Маріуполь) városában. Emellett jelentősebb csapattestek haladtak Izjum (Ізюм) város felé, valamint déli irányból is folytatódott az orosz erők beáramlása az országba. Mindezeket a szárazföldi műveleteket kiterjedt légi támogatás biztosította. [1] Az orosz katonai doktrínának megfelelően a légi csapatok feladata nem egyfajta stratégiai légi hadjárat lefolytatása volt bizonyos ukrán célpontok vagy kiemelt területek ellen, hanem a saját előrenyomuló szárazföldi alakulatok folya-

ÖSSZEFOGLALÁS: A 2022 februárjában megkezdődött – a legtöbb katonai szakértő szerint eredetileg rövid lefolyásúnak tervezett – katonai műveletek Ukrajnában mindkét fél légi haderőnémetek széles körű, de több esetben szokatlan felhasználását hozták. Tanulmányában a szerző röviden ismerteti a bevetett orosz repülőeszközöket, valamint alkalmazásuk módját, és az elért eredményeket (természetesen figyelembe véve az esetenként korlátozottan rendelkezésre álló információk jelentette kihívásokat).

KULCSSZAVAK: orosz–ukrán háború, ukrán légierő, orosz légierő, közeli légi támogatás, légi indítású rakétafegyverek

ABSTRACT: The military operations in Ukraine which has begun in February 2022 (preliminary planned by the Russian military leadership and most of international military analysts as well as a short and quick operation) have the characteristic of widespread but often unusual use of both air arms. In my study I will explain briefly the deployed aircrafts, the methods of their deployment and the results achieved by them (of course considering the challenges posed by often limited availability of information).

KEY WORDS: Ukraine Russia war, Ukrainian Air Force, Russian Air Force, close air support, air-launched missiles

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



matos légi támogatása, lehetőleg a helyi légi főlény biztosításával. [6] Ezt a feladatot a Déli Katonai Körzethez tartozó 4. Légi és Légvédelmi Hadsereg kapta. A támadást megelőző napokban különböző kereskedelmi műholdfelvételeken már láthatóak voltak e hadsereg alakulatai néhány előretolt bázison: a Millerovo Légibázisra a 31. repülőszázad Szuhoj Szu-30SM (NATO kód: Flanker-H) többfeladatú vadászrepülőgépei, a 368. repülőszázad Szuhoj Szu-25SM (Frogfoot-A) támadó repülőgépei, továbbá Kamov Ka-52 (Hokum-B) harci helikopterek és Mil Mi-8 (Hip) szállítóhelikopterek is érkeztek erősítésként. Fentiek kívül a Mariupoltól mindössze 100 km-re található Primorszko-Ahtarszk légibázisra települt tíz db Szuhoj Szu-34 (Fullback) vadászbombázógép. Összességében mintegy száz Szuhoj Szu-25-ös, Szu-34-es és Szu-30-as repülőeszközt, valamint több, mint ötven forgószárnyast vontak össze a 4. hadseregben a támadás idejére. [1]

Az ukrán légierő jóval szerényebb számú egységekkel rendelkezett a háború előtt, ezen egységeket pedig a harcok megkezdése előtt igyekeztek széttelepíteni. A merevszárnnyú gépek többségét távolabbi, kisebb légibázisokra telepítették át (ezzel nehezítve az orosz műholdas célfelderítés munkáját), míg a forgószárnyas erők nagy részét mezőgazdasági területektől és ipari létesítmények területéről vetették be. Ez a taktikai megoldás a tapasztalatok szerint valóban meglepően nagy arányban mentette meg a kezdeti légi csapások alatt az ukrán repülőeszközöket, egyúttal azonban megakadályozta egy esetleges hatékony ellentámadás végrehajtását. [4]

HARCOK A DONBASZBAN¹

A Kijev elleni támadási kísérlet feladásával több, addig Fehéroroszországban állomásozó repülőalakulat is bekapcsolódott a kelet-ukrajnai harcokba. Elsősorban Kamov Ka-52-es, Mil Mi-35-ös (Hind) harci helikoptereket és Mil Mi-28N (Havoc) éjszakai bevetésre is alkalmas harci helikoptereket telepítettek át az Osztrov légibázisra. Emiatt az orosz erők alapvető előnnyel kezdték az Ukrajna keleti részéért folyó műveletet 2022 áprilisában. Ennek ellenére – elsősorban a területen igen alaposan kiépített és aktív ukrán légvédelem miatt – már a kezdeti szakaszban is szinte csak extrém alacsony magasságban végrehajtott műveleteket végeztek. [7] Izjum városának elfoglalása után az orosz erők több mobil pontonhidat építettek a város környékén, amelyek elpusztítására az ukrán légierő több próbát is tett, eközben egy Szuhoj Szu-24-es és egy Szu-25-ös is veszteséglistára került. Ezzel szinte egyidőben azonban sikeres támadást indítottak orosz területen lévő célpontok – üzemanyag-tároló létesítmények Belgorodban (Белгород), Kurszkban (Курск) – ellen, amelyeket meglepetésre ukrán Mil Mi-24-es helikopterek hajtottak végre. Áprilisban és májusban az orosz erők is jelentős veszteségeket szenvedtek, az ukránok egy Mil Mi-28N és több Kamov Ka-52-es harci helikoptert is sikeresen megsemmisítettek. Áprilisban sokkal intenzívebben vetették be az orosz Szuhoj Szu-25-ös és Szu-34-es gépeket, miközben Mariupol védelmét folyamatos bombázással próbálták felőrlni. Különösen nagy erővel támadták az Azovstal acélművek területén igen sokáig kitartó ukrán védőket. Ennek során a háborúban első alkalommal vetették be a Tupoljev Tu-22M3-as (Backfire-C) bombázógépet is, kifejezetten a mariupoli védők elleni szisztematikus bombázás során.

A keleti hadszíntéren zajló összecsapások tapasztalatai a konfliktus ezen szakaszában azt mutatták, hogy mindkét légierő igyekezett megővni repülőeszközzeit az abban a



2. ábra. Az orosz légi és űrerők Szuhoj Szu-34 típusú vadászbombázója [12]

térségben rendkívül sűrű és hatékony légvédelemtől – mind a hagyományos föld-levegő (SAM – Surface to Air Missile) rakétarendszerektől, mind az ún. hordozható csapatlégvédelmi eszközöktől (MANPADS – Man-portable air-defense systems) –, amelyekből közvetlenül a konfliktus kirobbanását megelőzően jelentős mennyiséget szállítottak a nyugati szövetségesek az ukrán haderőnek. A több száz telepített légvédelmi üteg rendkívül megnövekedett mindkét fél repülőeszközei számára a célpontok biztonságos támadását. Az extrém alacsony repülési magasság és a többségében nem irányított rakétákkal vagy hagyományos szabadesésű lőszerrel végrehajtott támadások miatt a légi csapások hatékonysága ugyancsak kérdéses. [7] Mindemellett sem az orosz, sem az ukrán légi haderő nem rendelkezik elégséges mennyiségű és pontosságú radar elleni fegyverrel [7], ezért az ellenség légvédelmi hálójának sűrűsége érdemben csak tűzérési csapásokkal volt csökkenthető. E támadások irányításához és a tűzérési tűzcsapás eredményességének kiértékeléséhez azonban, kiterjedten alkalmaznak különböző pilóta nélküli repülőeszközöket mindkét oldalon. [8] A fent említett helyzet miatt az ember vezette repülőeszközöket ritkán vetik be olyan területek felett, amelyek egyértelműen az ellenség irányítása alatt állnak, a legtöbb bevetés alacsony magasságon (elkerülendő a hagyományos föld-levegő légvédelmi rakétarendszerek zónáját) történik, míg a légi csapásokat igyekeznek még „saját” területről indítani akár nem irányított, akár irányított, precíziós lőszerrel legyen szó. Ez a módszer azonban általánosságban bizonytalanná teszi a légi csapások találati pontosságát. A levegőből bevethető irányított fegyverek terén az orosz haderő egyértelmű fölényben van, azonban ezek fokozott használata aránylag gyorsan „meríti” az e fegyverek kategóriákból rendelkezésre álló készletet [7]. Gyors pótlásuk ugyanakkor – a háború és a nyugati szankciók okozta gazdasági helyzetben – legálábbis kétséges. [1]

LÉGI STRATÉGIA

Az orosz légierő alkalmazott stratégiája az elemzők számára több érdekességet is tartalmaz. Ennek oka elsősorban a nyugati légi haderőnemek és az orosz közötti, fentebb már említett doktrinális különbség. Amennyiben például az orosz-ukrán konfliktus eddigi eseményeit az egyik mára klasszikussá vált légi háborúkkal kapcsolatos elméleten – John Warden Öt gyűrű elméletén keresztül – vizsgáljuk, érdekes eredmények rajzolódnak ki. Az elmélet (amelyet előszeretettel alkalmaztak az 1991-es úgynevezett „sivata-

gi vihar” hadművelet légi elemeinek leírására) szerint az ellenfél légi úton történő gyors legyőzéséhez az ellenfél államának ún. koncentrikus köreit² kell felszámolni, de fordított sorrendben, tehát belülről (a legfontosabbtól) kezdve, kifelé haladva. [9] Ilyen módon „lefejezve” az ellenfél döntéshozó és irányító központját, amelynek következtében a harcoló alakulatai is jelentősen gyengülnek, és az ellenállásuk gyorsabban felszámolható. [10] Ukrajna katonai és államigazgatási felépítése egy klasszikus nemzetállam jellemzőit mutatja, centralizált irányító struktúrákkal, tehát első ránézésre az Öt gyűrű elmélet „ideális” alanyának tűnik. Az orosz haderő légi komponensei azonban – az elmélet értelmében – ezidáig nem érték el a kívánt célt. A háború kezdeti szakaszában végrehajtott jelentős számú, az ukrán fővárost, valamint a legtöbb ukrán légibázist ért precíziós rakétatámadások ellenére, nem sikerült megbénítani vagy „lefejezni” az ellenfél katonai irányítását. A szakértők szerint ennek okai a megfelelő tervezés hiányától kezdve, a csapásmérő erő kellő fókuszálásának hiányán keresztül az eléggé pusztító csapásmérő eszközök kiválasztásának elmulasztásáig bezárólag többféleképpen lehetnek. A háború kezdetén az orosz légi haderőnem nem tudta kiváltani azt a sokkhatást, amelyet Warden elméletében megkövetel az ellenfél megbénításához. Ezen felül a hagyományos orosz doktrína (amelynek elődje, a szovjet is már ezen álláspontot képviselte) napjainkban is a nagy erejű, lehetőleg létszámfölényben végrehajtott, erős páncélozott alakulatokkal végzett manőverező harcot tekinti prioritásnak. Ez pedig erősen támaszkodik az elsőprő erejű tűzérési támogatásra. Ebben a doktrínában – mint azt a jelen konfliktus eddigi orosz kezelése is bizonyította – másodlagos (vagy akár még alsóbbrendűbb) szerep jut a légi-erőnek és egy széles körű stratégiai légi hadjáratnak. Emellett megfigyelhető, hogy a rakétacsapatok (és a különböző haderőnemekkel végrehajtott egyéb rakétacsapások), elsősorban a hagyományos robbanófejjel felszerelt manőverező robotrepülőgépek, valamint a taktikai ballisztikus rakéták kiemelt szerepet kaptak a konfliktusban. Ezen eszközök egy része elméletileg rendelkezik azzal a foku pontossággal, amely a kiemelt és megerősített ukrán célpontok elleni sikeres támadáshoz szükséges, ennek ellenére az elért eredmények elmaradtak az előzetes várakozástól. [7] Ennek oka a legtöbb esetben az volt, hogy az alkalmazott robbanófej pusztító ereje nem volt elégséges, illetve nem elegendő ilyen eszközt vetettek be egy-egy kiválasztott célpont ellen. Emellett az orosz légierő – a tapasztalatok szerint – egyáltalán nem rendelkezik elegendő számú és minőségű hírszerző, megfigyelő és felderítő (ISR – Intelligence, Surveillance, Reconnaissance) képességű repülőeszközzel. Sem hagyományos, ember vezette ISR-repülőeszközökből, sem hosszú távú bevetésekre alkalmas, nagy mennyiségben bevethető dróneszközökből nem áll rendelkezésre elegendő. Az ilyen szerepkörű üreszközök hiánya – amelyekkel a csapásmérést megelőző felderítés és az azt követő célterület-felmérés hatékonyan elvégezhető lenne – különösen megmutatkozott. Az ukrán haderő azonban viszonylag gyorsan alkalmazkodott a különböző típusú orosz támadásokhoz, kihasználva a megmutatkozó esetleges orosz gyengeségeket. Az orosz rakétacsapások nagy részét azonban (akár katonai, akár civil célpontok ellen irányultak) az ukrán védők nem tudták megfelelően elhárítani, különösen a ballisztikus eszközök elleni ellentevékenységek bizonyult elégtelennek. [3]

Az orosz haderő (mindenekelőtt a légi csapatok) további hiányossága, hogy szinte teljesen elmaradt az ellenfél vezetői és egyéb belföldi és nemzetközi kommunikációs csatornáinak elvágása. A háború első szakaszában, majd

2022 őszétől ismételtelen megnőtt az ukrán kritikus infrastruktúrát célzó orosz légicsapások (elsősorban a rakétatámadások) száma. Ezek a támadások sem tudták azonban érdemben gyengíteni vagy korlátozni az ukrán kormányzati és katonai kommunikációt, nem mellesleg további teret adva az ukrán félnek a háború politikai oldalát nagyban meghatározó információs háborúban. Az elemzők többsége szerint ennek oka csak részben (és legfeljebb a konfliktus kezdeti szakaszában) volt az orosz hadvezetés azon céljára visszavezethető, hogy minimalizálják a lehetséges járulékos veszteségeket, nagyobb részben annak a képességnek a hiánya okozta, hogy a légi haderőnem egyidőben több, kritikus fontosságú, megerősített vezetési harcálláspont vagy civil, illetve kormányzati célpont ellen hajtson végre döntő jelentőségű légicsapást. [5]

A kevés orosz légi sikerek közé tartoznak a nagy számban megsemmisített ukrán olajfinomító és üzemanyag-feldolgozó létesítmények, amelyeket több hullámban támadtak az orosz repülőgépek. Azonban ezek a támadások is – például a Kremencsuk olajfinomító elleni többszöri támadás – megmutatták, hogy a bevetett orosz fegyverek (mind a különböző típusú manőverező robotrepülőgépek, mind bizonyos ballisztikus rakéták) egyenként nem kielégítően pontosak, illetve nagy arányban hibásodnak meg. E tényezők esetlegesen más haderőknél sem ismeretlenek, a hasonló hiányosságokat a bevetett fegyverek mennyiségének növelésével szokták orvosolni. Erre azonban az orosz haderő nem volt képes. (Itt természetesen az egy-egy konkrét célpont elleni csapásokra utalunk, nem a konfliktus során az összességében bevetett orosz fegyverek mennyiségére.) [3]

A már említett orosz katonai doktrína szerint a légierő kettős feladattal vesz részt egy hagyományos katonai erővel felszerelt ellenfél elleni háborúban. Egyrészt – elsősorban a háttérben katonai célpontjainak meggyengítésével – légi és rakétacsapásokkal támogatja az előrenyomuló szárazföldi erőket. Másrészt a légierő és a hadsereg légi csapatai taktikai légitámogatást nyújtanak közvetlenül a saját szárazföldi harcoló alakulatoknak. Ezeket a feladatokat (már a vonatkozó szovjet doktrína szerint is) az olyan nagyobb hatótávolságú csapásmérő repülőeszközökre bízták, mint a Szuhoj Szu-30SM, a Szu-34-es és a Szu-35S (Flanker-E). E típusokból több, mint kétszáz darabot vont össze a hadszíntér közelében az orosz hadvezetés. Mindezek azonban nem tudták hatékonyan, integrált módon felhasználni ezt a légierőt az ukrán fegyveres erők ellen. A Pentagon becslése szerint míg 2022. április hónapban mintegy kétszázötven bevetést teljesítettek az orosz harci repülőgépek (ez naponta kb. harminc légicsapást jelentett), addig ez a szám májusra tovább csökkent. A támadások elsősorban az ukrán front olyan területeire korlátozódtak, amelyeken viszonylagos légi fölény birtokában (sokszor még a saját légtérben), és a legtöbb esetben nem irányított lőszerrel végrehajtott légicsapásokat mérve tevékenykedhettek az orosz hajózók. Szintén ellentmondásos (legalábbis a légierők kiterjedt szerepéhez „hozzászokott” nyugati katonai szakértők számára), hogy miért nem hajtott végre sokkal kiterjedtebb légi műveleteket az orosz fél az ukrán utánpótlási vonalak ellen. Mindezek ellenére nem történt jelentősebb, nagyobb ukrán csapattesteket érintő támadás a nyugati fegyver- és alkatrész-utánpótlás, valamint az ukrán csapatok ismert utánpótlási vonalai ellen. Az ukrán katonai vezetés – hasonlóan az oroszhoz – igen nagymértékben támaszkodik a vasúti szállításra, amelyeket nem ért szignifikáns orosz támadás. Az orosz légi haderőnem csak 2022 áprilisától kezdte támadni az Ukrajna nyugati részén működő létfontosságú vasútvonalakat. A támadások döntő



többsége azonban saját területéről történő fegyverindítással, manőverező robotrepülőgépekkel és ballisztikus rakétákkal történt. A lehetséges közlekedési, vasúti célpontok nagy száma ellenére, a különböző merevszárnyú repülőeszközök szinte teljesen kimaradtak ezen műveletből, a gépeket pusztán a fronton harcoló alakulatok közeli légi támogatására használták. Ezek a támadások azonban szinte egyáltalán nem zavarták meg a 2022 őszi ukrán ellentámadások sikerében kulcsszerepet betöltött, különböző nyugati tűzérési eszközök frontra szállítását. Az orosz légi haderőnem támadásainak hatékonyságát tehát nagymértékben gyengítette a már említett ISR-képességek részleges hiánya, a légierő követett stratégiája, valamint a rakétacsapatokra történő szinte kizárólagos támaszkodás. [3]

FORGÓSZÁRNYAS MŰVELETEK

Érdeemes röviden megvizsgálni a légi csapatok egy speciális szeptét, mégpedig az orosz szárazföldi haderő repülőerőit (az Orosz Hadsereg Repülőerőit). Ezen alakulatok fő feladata kifejezetten a fronton harcoló saját szárazföldi csapatok légi támogatása, harci kutató-mentő szolgálat biztosítása (az esetleges ellenséges területen lezuhant hajózók felkutatására), valamint logisztikai támogatás nyújtása. A légi támogatás – bár jóval intenzívebb volt, mint az orosz légierő merevszárnyú típusai által biztosított – azonban ezen alakulatok esetében sem volt olyan sikeres, hogy érdemben elősegítse a 2022 nyári, őszi orosz hadműveleti célok elérését. Ezek az alakulatok feladatuk jellegéből adódóan elsősorban forgószárnyas repülőeszközöket alkalmaznak: a konfliktus kirobbanásakor mintegy kétszáz harci helikopter és kétszázötven taktikai szállítóhelikopter állt készen a bevetésre a harctéren. (A front bizonyos szakaszain még az Orosz Nemzeti Gárda is bevetette saját Mil Mi-8 típusú helikoptereit.) 2022 februárjában mind a négy orosz katonai körzetből voltak össze négy harccsoportba eszközöket. Az északi harccsoport feladata a Kijev felé előrenyomuló szárazföldi alakulat támogatása volt, mintegy száz helikopterrel, a fehéroroszországi Macsuliszki elöretolt légibázisról üzemelve. Ezeket a helikoptereket az úgynevezett V inváziós csoportba osztották be, és a Keleti Katonai Körzethez tartozó alakulatokból irányították át a front közelébe eszközeiket. 2022 áprilisától áttelepültek olyan bázisokra, amelyek közelebb helyezkedtek el a Harkiv (Харків) körüli frontokhoz. A Szumi (Суми) és Harkiv környéki orosz szárazföldi erőket támogató forgószárnyasok az ún. O inváziós csoportba kerültek, és válogatásuk a Központi Katonai Körzethez (Центральный военный округ) (elsősorban az oroszországi Belgorod térségéből) történt. A Donbasz (Донбас) régióban harcoló alakulatokat

3. ábra. Mil Mi-8AMTSh helikopter a fehéroroszországi Macsuliszki elöretolt légibázis légterében, 2022. február 23-án [13]



a Déli Katona Körzet helikopterei támogatták a Z inváziós csoport részeként, míg a déli, Krím-félsziget irányából Herszon és Mikolajiv (Миколаїв) városának irányába előrenyomuló alakulatokat szintén a Déli Katonai Körzet egységei, valamint kisebb számban a Fekete-tengeri Flotta helikopterei támogatták. [2]

A hadsereg repülőerőit már a konfliktus első napján, a Kijevhez közeli Hosztomel repülőter elfoglalását célzó műveletben bevetették. A mintegy háromszáz fős légideszant hadműveletet a fehéroroszországi Csojniki (Хойники) előretolt légibázisról felszálló huszonöt-harminc darab Mil Mi-8MTV-5-1 és Mi-8AMTSh szállító helikopterrel, valamint kb. tizenkét darab Kamov Ka-52-es, Mil Mi-35M és Mi-24P harci helikopterrel hajtották végre. [7] A forgószárnyasok első csoportja a Hosztomel repülőter légvédelmét (mind a légvédelmi tűzérőtegeket „AAA” vagy „triple-A” – anti-aircraft artillery, mind kézi indítású légvédelmi rendszereket – MANPADS) igyekeztek semlegesíteni, a fő erők beérkezését követően pedig átváltottak közeli légi támogatási feladatokra. Az orosz erők ezt követően több napig védekező műveleteket folytattak a reptéren az ukrán ellentámadást végrehajtó erők ellen, folyamatos légi támogatást kapva a harci helikopterektől. [4] Ez a légideszant művelet különösen kockázatos tervre épült, mert a célterület felé áthaladt a Kijevi víztározó (Київське водосховище) felett, ahol több repülőeszköz is (egy Mil Mi-24P és egy Mi-35M) találatot kapott és lezuhant. Ezeken kívül a reptérért vívott küzdelem során is legalább két Kamov Ka-52-es³ és egy Mil Mi-8MTV-5-1 bizonyítottan veszteséglistára került. A háború első napjaiban egy másik – a nemzetközi médiában kevesebb publicitást kapott – támadó műveletet is végrehajtottak, mégpedig a Mikolajiv (Миколаїв) városától északra található Voznyeszenszk (Вознесенськ) városánál. Ez azonban nem járt sikerrel, és további szállító és harci helikoptereket vesztek a támadók. A repülőerők egységei mindemellett konvoj kíséresi, légi támogatási feladatokat is elláttak a Fehéroroszország és Oroszország felől Kijev és Harkiv felé előrenyomuló szárazföldi alakulatok, valamint a déli irányból Herszon, Mikolajev és Zaporizzsja (Запоріжжя) irányába tartó járműoszlopok számára. A légi fedezetet biztosító Kamov Ka-52-es és Mil Mi-28N típusú helikopterek külső, pót üzemanyagtartályokkal felszerelve látták el a feladatot, mivel így kb. három óráig tudtak a saját csapatok közelében tartózkodni és reagálni az ukrán erők rajtaütéseire (amelyek igen jelentős veszteségeket okoztak az orosz félnek, elsősorban a későbbi hetek során, amikor ez a típusú légi fedezet már nem állt rendelkezésre). 2022 áprilisától kezdve ezt a kíséretet már a felfegyverzett szállító típusok (Mil Mi-8MTV-5-1 és Mi-8AMTSh) biztosították. A harci helikopterek egy része (mindenekelőtt a Kamov Ka-52-es típusok) pedig fokozatosan átváltott a nappali bevetésekről éjszakai műveletekre, amelyek során az ukrán haderő megerősített állásait és páncélos alakulatait támadták Vikhr-1 és Ataka-1 irányított páncélelhárító rakétafegyverzettel. Erre azért került sor, mert a fent említett, még nappali körülmények között végrehajtott konvoj kíséző bevetések során rendkívül sérülékenynek bizonyultak az ukrán csapatlégvédelmi eszközökkel szemben. A Mil Mi-24P, Mi-28N és Mi-35M típusok továbbra is elsősorban nappali bevetéseket repültek (a szakértők szerint valószínűleg a Kamov Ka-52-eshez képest elégtelenebb éjjeli célfelderítő és navigációs képességeik miatt). [2]

A nappali bevetéseken elszenvedett érzékeny veszteségek mérséklése céljából már 2022 áprilisától megfigyelhető volt a forgószárnyasok átállása ún. közvetett levegő-föld rakétacsapásokra. Ez valójában nem irányított rakétákkal végrehajtott támadást jelent alacsony magasságon, nagy



4. ábra. Orosz Kamov Ka-52 Alligator típusú harci helikopter [14]

sebességgel történő célmegközelítést követően hirtelen emelkedés közben, majd kiválást követően folyamatos légvédelmi eszközök elleni ellentevékenységek (legtöbbször infraeszközök szórása) kíséretében. A csapásokat legtöbbször a 80 mm-es S-8KOM rakétával hajtják végre, amellyel kb. 4,3–4,9 km-re lévő célpontokat tudnak leküzdeni. Bizonyos harci helikopter típusokon a pontosságot számítógépes célzóberendezésekkel – korlátozott szinten – javítani lehet a helikopter kilövés előtti megfelelő pozicionálásával. Mivel azonban e fegyverek nem irányítottak, ezzel a módszerrel sem lehet pont célokat eredményesen leküzdeni, csak nagyobb védelmi állásokban tartózkodó élőerő-csoportosításokat, objektumokat vagy könnyű járműveket. A pontosság hiánya azonban a földi csapatok közeli légi támogatására vonatkozó orosz doktrínából, valamint e háború erősen tüzérségi jellegéből adódóan nem jelent komoly hátrányt az orosz hadvezetés számára.

Érdekes módon a repülőerők egyik legnagyobb veszteségüket egy 2022 márciusi ukrán rakétatámadásban szenvedték el a Csernobajivka (Чернобайвка) előretolt bázison, Herszon közelében. A bázist márciustól vették használatba az orosz erők, de túl közel került a fronthoz, és március 15-én többszörös támadást intéztek ellene az ukrán csapatok ún. rakéta-sorozatvető (MLRS – Multiple Launch Rocket System) tüzérségi eszközökkel. A bázis elleni támadást megelőző tüzérségi célkijelölést és tűzkorrekciót, valamint a támadást követő kárfelmérést a török Bayraktar TB2-es UCAV repülőeszköz (és annak Wescam MX-15D érzékelő-rendszerének) segítségével hajtották végre az ukrán erők. A bázison Kamov Ka-52-es, Mil Mi-28N és Mi-8-as helikopterek állomásoztak, amelyek egy része megsérült vagy megsemmisült a tüzérségi csapásokban, így a repülőképes példányokat a Krím félszigetre telepítették át javítás céljából. [2] Ami a repülőerők általános veszteségeit illeti, „természetesen” a harcoló felektől nem lehetséges megközelítőleg pontos adatok beszerzése

sem, így a különböző nemzetközi, nyílt forrásokból dolgozó szervezetek adataira szükséges támaszkodni. Az Oryx holland katonai blog adatai szerint 2022 nyár közepéig 47 darab – független forrásból megerősített – repülőeszközt vesztek az Orosz Haderő Repülőerői. [11] Ezt követően a kelet-ukrajnai harcok statikussá válásával, valamint a tüzérségi erők előtérbe kerülésével a forgószárnyas műveletek háttérbe szorultak, továbbra is a harcoló szárazföldi alakulatok közvetlen támogatására koncentráva. A harcokat legnagyobb részben a Kamov Ka-52-es típusal vívták, (és döntően ezt a típust érték az elszenvedett veszteségek is). Az orosz harci helikopterek közül a legfejlettebb páncéllhárító, valamint viszonylag hatékony éjjeli műveletek lehetővé tevő képességei miatt a Ka-52-est kiterjedten használták a konfliktus első felében. Az éjjeli műveletek során sikeresen alkalmazták, célfelderítési képessége azonban nem bizonyult elégségesnek (a hőkamera elégtelen felbontása okán, amelynek következtében az egyébként nagyobb hatótávolságú Ataka-1 páncéltörő rakétáját is a lehetségesnél kisebb távolságból vethette be).

A 2022 őszi ukrán ellentámadások során az orosz légi csapatok támogató tevékenysége tovább folytatódott. Változó eredménnyel, hiszen a harkivi áttörés során igen jelentős orosz szárazföldi veszteségek történtek, míg pl. a herszoni visszavonulás alatt már kismértékben rendezettebb képet mutatott az orosz műveletek jellege. Utóbbi helyszínen sor került a konfliktusban eddig ritkán alkalmazott Mil Mi-26 (Halo) nehéz szállítóhelikopterek bevetésére is, mégpedig a saját erők evakuálása és megerősítő védelmi alakulatok szállítása során. [5]

Összességében tehát a forgószárnyas alakulatok igen jelentős veszteségeket szenvedtek harci eszközben, a háború további szakaszaiban azonban alapvető fontosságú szerepet játszottak az orosz műveletekben.

(Folytatjuk)



HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Ripley, Tim. „Air war Donbas” *Airforces Monthly* July 2022. Key Publishing, 2022;
- [2] Mladenov, Alexander. „Bearing the brunt” *Airforces Monthly* September 2022. Key Publishing, 2022;
- [3] Mladenov, Alexander. „A strategic nightmare” *Airforces Monthly* August 2022. Key Publishing, 2022, Alexander. „A strategic nightmare” *Airforces Monthly* August 2022. Key Publishing, 2022;
- [4] Trendafilovski, Vladimir. „Russia shocked” *Airforces monthly* March 2023. Key Publishing, 2023;
- [5] Ripley, Tim. „Russia’s air power at war”, *Airforces monthly* December 2022. Key Publishing, 2022;
- [6] 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.);
- [7] 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.);
- [8] Myre Greg. „Russia and Ukraine battle daily in the sky. So where are the pilots?” *NPR*, 2023.02.02. <https://www.npr.org/2023/02/02/1153438336/russia-and-ukraine-battle-daily-in-the-sky-so-where-are-the-pilots> (Letöltve: 2023.2.14.);
- [9] Warden, John A. III. „The enemy as a system” *Airpower Journal*, Vol. 9, Spring 1995. pp. 40–55. https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/ASPJ/journals/Volume-09_Issue-1-Se/1995_Vol9_No1.pdf (Letöltve: 2023.4.3.);
- [10] Chun, Clayton K. S. „Chapter 26, John Warden’s five ring model and the indirect approach to war” in the *US Army War College guide to national security policy and strategy*, *Strategic Studies Institute, US Army War College*, 2006. <https://www.jstor.org/stable/pdf/resrep12025.30.pdf> (Letöltve: 2022.12.1.);
- [11] „List of aircraft losses during the 2022 Russian invasion of Ukraine” *Oryx military blog* <https://www.oryxspioenkop.com/2022/03/list-of-aircraft-losses-during-2022.html> (Letöltve: 2023.2.10.);
- [12] Sukhoi Su-34 *Wikipedia Commons* https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sukhoi_Su-34,_Russia_-_Air_Force_AN2184239.jpg (Letöltve: 2023.4.1.);
- [13] Russian helicopter in Minsk *Wikipedia Commons* [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Russian_helicopter_in_Minsk,_Belarus_\(23_February_2022\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Russian_helicopter_in_Minsk,_Belarus_(23_February_2022).jpg) (Letöltve: 2023.4.1.);
- [14] Russian Air Force, RF-90385, Kamov Ka-52 Alligator *Wikipedia Commons* [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Russian_Air_Force,_RF-90385,_Kamov_Ka-52_Alligator_\(51263818917\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Russian_Air_Force,_RF-90385,_Kamov_Ka-52_Alligator_(51263818917).jpg) (Letöltve: 2023.4.1.);
- [15] Hostomel after the battle *Wikipedia Commons* [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hostomel_after_the_battle_\(962467\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hostomel_after_the_battle_(962467).jpg) (Letöltve: 2023.4.1.).

JEGYZETEK

- 1 A Donbasz orosz–ukrán szóösszevonás (Donyeckij baszejn – Донецький басейн = Donyeckij medence).
- 2 A legbelső körben találhatóak az ország irányításához elengedhetetlen központok, a kormányzati szervek, intézmények, parancsnoki és katonai irányító központok. A külsőbb körökben találhatóak a különböző kritikus és civil infrastrukturális létesítmények, majd legkívül a harcoló katonai alakulatok, amelyek elsődleges feladata e belsőbb körök védelme. [10]
- 3 Az ebben a műveletben találatot kapott és lezuhant egyik Kamov Ka-52-es helikopter hajózási alkalmazták először a típus történetében annak Zvezda K-37-800M katapultüléseit éles hadműveleti körülmények között, sikerrel. A szóban forgó repülőeszköz a fehéroroszországi előretolt légbázisról üzemelő 319. független helikopteralakulat kötelékébe tartozott. [2]

HM Zrínyi Geoinformációs és Toborzástámogató 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



KÖNYV- ÉS TÉRKÉPBOLT:

1024. Budapest Fillér u. 14. • +36 30 388 4034
shop.hmzrinyi.hu • ugyfelszolgalat@topomap.hu
 Nyitva tartás: hétfő–péntek 9.00–16.30

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

GYORSOSZOROSÍTÁS

- 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



NYOMDAI GYÁRTÁSELŐKÉSZÍTÉS: +36 (1) 336 2035



1. ábra. Megsemmisült orosz harckocsi egy ukrán autópálya szélén (Forrás: Shutterstock)

Tóth András*

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

2022. február 24-én új korszak kezdődött az európai történelemben. Oroszország megtámadta Ukrajnát, és ezzel új helyzetet teremtett Európában. A legtöbb szakértő, sőt az európai és amerikai vezetők is arra számítottak, hogy maximum néhány hét után a komoly túlerőben lévő, valamint jelentős haditechnikai fölényrel rendelkező orosz haderő megsemmisíti az ukrán ellenállást, és elfoglalja Ukrajna területének jelentős részét. Az orosz narratíva szerint a különleges katonai művelet, hivatalosan a „náciatlanítás” és a „demilitarizáció” céljával indult meg. A náciatlanítás feltehetően a politikai rend megbontását, míg a demilitarizáció az ukrán haderő képességeinek radikális leépítését célozta volna. Ma már tudjuk, hogy mindkét cél kudarcot vallott. Az orosz támadás megindítása bizonyíték volt arra, hogy az orosz hatalmi státusz jelentősen sérült az elmúlt évtizedekben, hiszen az állam hatalmi eszközeivel (Diplomatic, Information, Military, Economic, Financial, Intelligence, and Law Enforcement DIMEFIL) [1] a katonai

eszközök nélkül nem sikerült stratégiai céljainak elérése. Ezért alkalmazott katonai erőt a konfliktus megoldására. Az elmúlt egy évben azonban az is egyértelművé vált, hogy nemcsak a hatalmi státusza, hanem katonai erejének képességei is jelentősen meggyengültek. Az orosz kormány és Vlagyimir Putyin elnök ugyan rendszerint hangsúlyozzák, hogy minden a terveknek megfelelően halad, de nem valószínű, hogy az eredeti tervek egy ilyen forgatókönyvet tartalmaztak volna.

2022 szeptemberben Vlagyimir Putyin elnök „népszavazást” írt ki a kelet-ukrajnai területek Oroszországhoz történő csatlakozása érdekében, amelynek „eredménye” után Herszon, Zaporizzsja megyék, valamint a szakadár Donecki Népköztársaság és a Luhanszki Népköztársaság is csatlakozott az Orosz Föderációhoz. A „népszavazások” eredményét, a nemzetközi közösség tagjai közül ugyan mindössze Fehéroroszország fogadta el, ennek ellenére szeptember 30-án megkezdődött a már elfoglalt területek

ÖSSZEFOGLALÁS: 2022. február 24-én Oroszország megtámadta Ukrajnát, és ezzel új helyzetet teremtett Európában. A hír hallatán minden szakértő arra számított, hogy a gazdasági és katonai szempontból is lényegesen erősebb Oroszország rövid idő alatt eléri stratégiai céljait. Nem így történt. A teljes kép elemzése és megértése helyett nagyon sokan arra a téves következtetésre jutottak, hogy a harckocsik és a páncélozott gyalogsági harcjárművek elavultak, és azokra már nincs szükség a szárazföldi műveletek során.

KULCSSZAVAK: harckocsi, gyalogsági harcjárművek, páncélvédelem

ABSTRACT: On February 24 2022 a new period began in European history. Russia attacked Ukraine and created a new situation in Europe. Most of the experts looked forward that Russia, who has significantly stronger and bigger economic and military capability will achieve its strategic goals in a short time. It did not happen. Instead of analysing and understanding the whole picture, numbers come to the wrong conclusion, that MBTs and IFVs are obsolete and they are unnecessary in the modern battlefield.

KEY WORDS: Main Battle Tank (MBT), Infantry Fighting Vehicle (IFV), armour protection

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



annektálása. A látszólagos orosz siker ellenére, ezzel egyidőben szeptember végén megkezdődött az ukrán elmentáadás is. A sors sajátos iróniája, hogy a stratégiai fontosságú Ljiman (Лиман) városát épp akkor zárta körbe az ukrán haderő, amikor Putyin elnök megkezdte az ünnepi annektálási szónoklatát. 2022. szeptember 21-én Putyin elnök televíziós beszéde során részleges mozgósítást jelentett be, amelynek keretében mintegy 300 000 orosz tartalékos katona mozgósítását és bevetését tervezték az Ukrajna elleni háborúban. [2] Ma már azt is látjuk, hogy a jelentős orosz fegyvergyártási képességeken komoly sebet ejtettek a szankciók, hiszen októberben már az orosz haderő számára Iránból vásároltak Shahed-136 cirkáló lőszer (loitering munition). [3]

Ukrajna felfegyverzéséhez maga Oroszország is hozzájárult, mert a dokumentált veszteségek mérlege alapján az ukránok 2022 decemberéig több hátrahagyott orosz harckocsit szereztek meg (540 darab), mint amennyi saját veszteséget elszenvedtek (266 darab). [4] A jelen tanulmány célja nem az orosz–ukrán háború elemzése, nem is a háború lehetséges kimeneteleinek feltárása, sokkal inkább a háború tapasztalatainak áttekintése páncélos szemszögből. Terjedelmi korlátok miatt, a cikk elsősorban a harckocsi szerepével, és azok hatékonyságával foglalkozik.

TÖRTÉNELMI ELŐZMÉNYEK

A harckocsit az I. világháború harcászati szükségletei hívták életre. Hasonló haditechnikai eszköz megépítésére a műszaki feltételek nem álltak rendelkezésre. A mai értelemben vett első harckocsi az 1916-ban megjelent Mark I-es volt. (Bővebben: Farkas Zoltán: A világ legütőképesebb harckocsijai I. rész, lapszámunk 12–16. oldalán – a szerk.) Az első harcra vetésre 1916. szeptember 15-én került sor. A frontra szállított 49 darab harckocsiból mindössze 32 darab tudta megkezdeni a műveletet, és csak 9 darab jutott el a német vonalakig, de így is hatalmas hatást ért el.

Az új haditechnikai eszköz szerepe már a kezdetektől vitatott volt, feleslegessé válása nem 21. századi ötlet, amely a harcászati elvek változása miatt következett be. A kezdeményezés már 1919-ben felmerült. Az I. világháborúban a szövetségesek kizárólag a gyalogság támogatása érdekében alkalmazták harckocsikat. A II. világháború és a német Heinz Guderian-féle alkalmazási elvek¹ teljesen új szerepkörbe helyezték a páncélos csapatokat. A világháborút követően a harckocsicsapatok szerepe újra átértékelődött. Az éjjellátó képesség megjelenése új lehetőségeket teremtett a harckocsi alkalmazásához.

Az arab–izraeli háborúban a harckocsi újra komoly szerepet kaptak. 1973-ban, a 4. arab–izraeli háborúban (jom kippuri háború) a páncélos erők hatalmas mennyiségben csaptak össze. A légielő bevetése és a páncéltörő fegyverek széles körű elterjedése miatt a páncélos erők hatalmas veszteségeket szenvedtek. Az izraeliek 840 darab, az arabok 2590 darab harckocsit vesztek. Ekkor egyértelművé vált, hogy a mennyiségi szemlélet helyett a minőségre kell helyezni a hangsúlyt, amely a technikai eszköz minőségi fölényén túl, a kiképzés színvonalát és az alkalmazási elvek megválasztását is jelenti.

A háborúban felértékelődött a páncélelhárítás szerepe. A rövid háború alatt az izraeli harckocsivesztés a teljes harckocsiállomány 42%-a volt. Ennek a tetemes veszteségnek mintegy 70%-át (kb. 600 darab harckocsit), az ellenséges páncéltörő rakéták semmisítették meg. [5] A jelentős veszteségek nyomán, egyes szakértők a háború után ismét arra a következtetésre jutottak, hogy a száraz-



2. ábra. Az orosz–ukrán háborúban megsemmisült orosz T-72B3 harckocsi [7]

földi műveletekben a modern páncéltörő fegyverekkel felszerelt lövész alegységekkel szemben a harckocsi és azok szerepe, dominanciája jelentősége csökkent. Az összegzett tapasztalatok bizonyították, hogy a harckocsi és páncélos csapatok esetében a minőségi fölény kialakítása a döntő tényező. [6] A hidegháború végén ismét megváltozott a harckocsi létjogosultságáról alkotott elképzelés.

Az öbölháborúban (1990–1991) is fontos szerepet kaptak a páncélosok. Akkoriban azonban a harckocsi és harcjárművek vonatkozásában a hidegháború fegyverei csaptak össze egymással, illetve az Amerikai Egyesült Államok technológiai dominanciája lehangoló volt. Az afganisztáni NATO-műveletekben is új, különleges szerepet kaptak a páncélos csapatok. A 2020-as hegyi-karabahi háborúban a technológiai fölényben lévő azeri haderő és a török Bayraktar TB2 UCAV (Unmanned Combat Aerial Vehicle – pilóta nélküli harci légi jármű) komoly veszteségeket okozott a technológiailag elmaradott örmény páncélosok körében.

Az orosz–ukrán háború hatalmas páncélos veszteségei miatt sokan sokféle következtetést vontak le a háborúról, illetve a páncélosok háborúban elfoglalt szerepéről. Számos esetben komplex összetevők egyes tényezőit kiemelve, azok szerepét túlértékelve vontak le következtetéseket.

A harckocsi és a harckocsizó fegyvernem létjogosultsága nem szűnt meg, sőt határozottan felértékelődött az elmúlt években. A modern harckocsi, a professzionálisan kiképzett és alkalmazott harckocsialegységek komoly szerepet játszanak a sikeres szárazföldi műveletek megvi-

3. ábra. A harckocsikat fenyegető veszélyek összefoglalása [8]

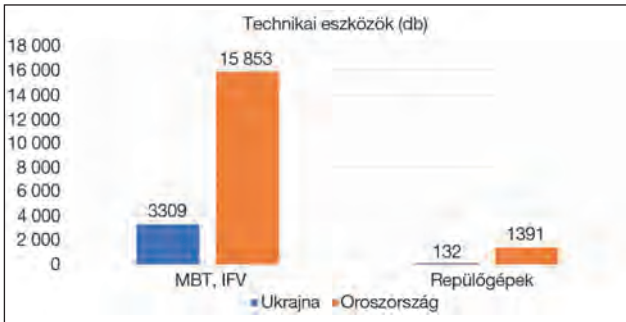




4. ábra. Ukrajna és Oroszország aktív és tartalékos állománylétszámának összehasonlítása (A szerző szerkesztése a [9] alapján)



6. ábra. Ukrajna és Oroszország védelmi költségvetésének összehasonlítása (A szerző szerkesztése a [9] alapján)



5. ábra. Ukrajna és Oroszország páncélozott eszközeinek és repülőgépeinek összehasonlítása (A szerző szerkesztése a [9] alapján)

A háború megindításakor az orosz haderő 110 zászlóalj-harcscsoportja vett részt a szárazföldi műveletekben.

Ukrán veszteségek 2022-ben, az Oryx² hírszerzési weboldalon dokumentált veszteségek alapján [10]: Ukrajna összesen 2846 darab haditechnikai eszköz veszteséget szenvedett el bizonyítottan, ebből 1797 darab megsemmisült, 129 darab megsérült, 69 darabot hagytak hátra és 849 darabot Oroszország zsákmányolt.

Orosz veszteségek 2022-ben az Oryx hírszerzési weboldalon dokumentált veszteségek alapján [11]: Oroszország összesen 8818 darab haditechnikai eszköz veszteséget szenvedett el bizonyítottan, ebből 5560 darab

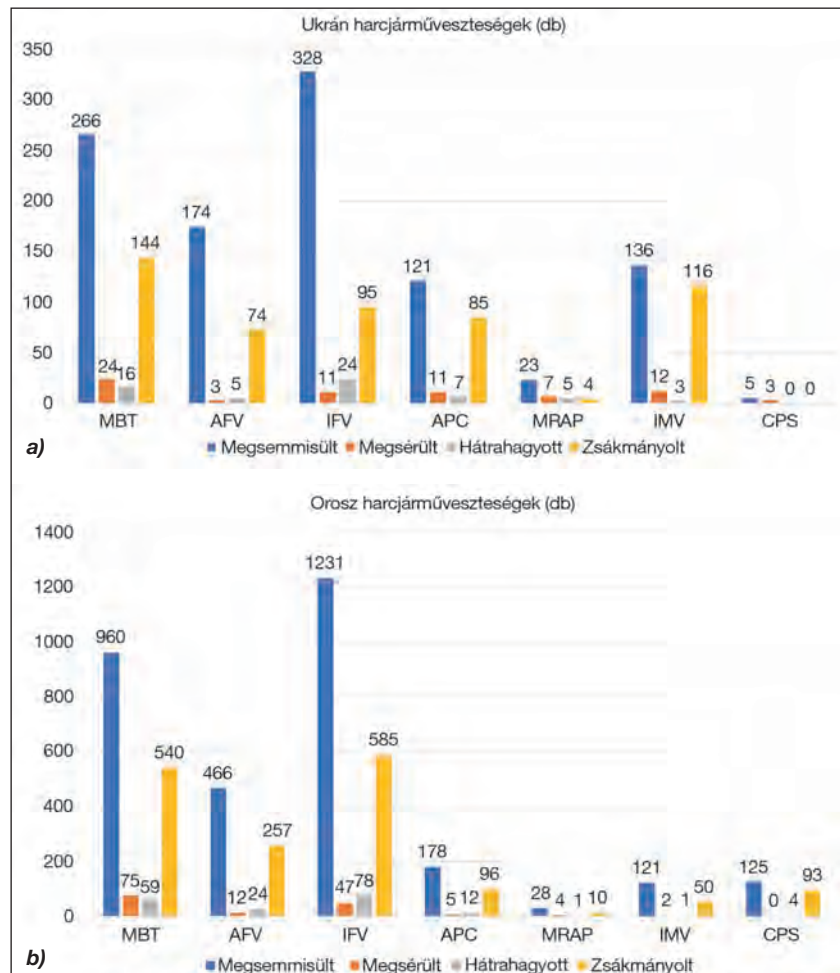
vásában. A modern harckocsik és azok további fejlesztése is nagyon drága fegyverré tették ezeket az eszközöket. Értékük, jelentős harcászati és hadművelleti szerepük miatt az ellenség ezek minél előbbi megsemmisítésére törekszik.

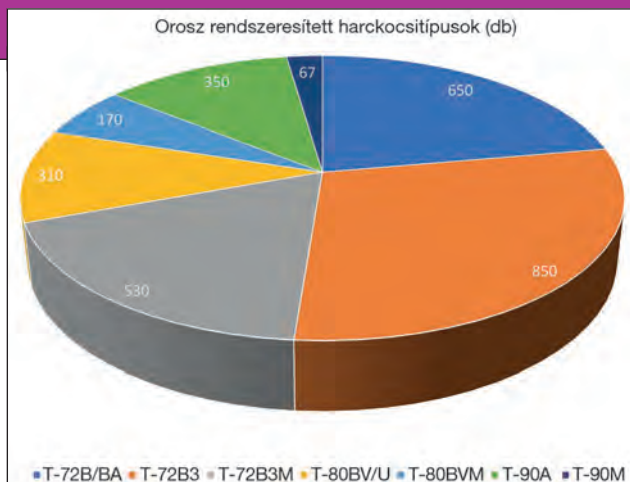
A 3. ábra jól szemlélteti, hogy egy modern harckocsira mennyi veszély leselkedik, és a szembenálló felek hányféle fegyverrendszerrel törekednek azok megsemmisítésére.

Az orosz–ukrán háború páncélos tapasztalatainak vizsgálata során szembeötlőek – különösen a háború első szakaszában –, a rendkívül magas páncélos veszteségek. Ezek megértéséhez nélkülözhetetlen az alkalmazott technikai eszközök áttekintése, az alkalmazott harceljárások bemutatása, valamint a humán tényező, vagyis az állomány kiképzettségének és motivációjának a vizsgálata. A Military Balance 2022-es kiadványa jó alapot szolgáltat a két szemben álló haderő főbb technikai eszközeinek összevetéséhez. A 4. ábra szemlélteti, hogy a háború kitörésekor az orosz és az ukrán haderő mekkora személyi állománnyal és haditechnikai eszközparkkal rendelkezett. [9]

A 4., 5. és 6. ábrák összehasonlító oszlopdiagramjai jól szemléltetik, hogy az orosz haderő annak ellenére számszerűen lényeges túlerővel rendelkezett, hogy Oroszország nem üzent hadat és nem mozgósított, mindössze egy „különleges katonai művelet” keretében avatkozott be Ukrajna területén.

7. ábra. Ukrán és orosz harcjárművesztések³ (A szerző szerkesztése a [9] alapján)





8. ábra. Az orosz haderőben rendszeresített harckocsitípusok megoszlása⁵ (A szerző szerkesztése a [9] alapján)

megsemmisült, 226 darab megsérült, 292 darabot hagytak hátra és 2740 darabot Ukrajna zsákmányolt.

Az alkalmazott haditechnikai eszközök vizsgálatánál fontos megjegyezni, hogy a háború kitörésének idején, mind az orosz, mind az ukrán haderő jellemzően a szovjet-orosz időkben kifejlesztett haditechnikai eszközöket alkalmazott. A harckocsitípusok közül mindkét oldalon jellemzően a T-64-es és a T-72-es harckocsik valamelyik modernizált, vagy továbbfejlesztett változata állt szolgálatban. Ez a két harckocsitípus még a Szovjetunió két nagy harckocsigyárában készült.

A T-72-es harckocsi a T-62-es leváltására, Leonyid Nyikolajevics Karcev⁴ vezetésével az Ural Vagonyárban (UralvagonZavod) kifejlesztett harckocsi. A T-64-es a harokvi iskola modellje, amely a Malisev Gépgyárban készült. A két harckocsitípust párhuzamosan fejlesztették ki, de nagymértékben eltérő koncepciót képviseltek. [12] Orosz oldalon a háború kitörésekor 2927 darab harckocsi állt aktív szolgálatban, és hivatalos információk szerint 10 200 darabot tároltak. Az aktív szolgálatban lévő, különböző típusú eszközök darabszámai a 8. ábrán láthatók. (A 8. ábrán a T-72-es harckocsicsaládnál régebbi típusok nem szerepelnek, ennek oka, hogy a T-64-es, T-62-es, T-55-ös és T-54-es típusok ugyan bevetésre kerültek orosz oldalon a konfliktusban, ám ezek a háború kitörésekor nem álltak aktív szolgálatban. Sőt a Military Balance 2022-es kiadványa szerint, még tartalék eszközként sem tartották nyilván azokat. Ezeket a régi típusokat, a veszteségek pótlása érdekében a megsemmisítésre váró készletekből helyezték vissza szolgálatba.)

A T-72-ES TÍPUSCSALÁD

A T-72-es típusokból a T-72B, a T-72BA, a T-72B3-as, valamint a T-2B3M modellek álltak hadrendben. Ebből a típusból az orosz haderő mintegy 2030 darabot tartott aktív szolgálatban, 530 darab a legmodernebb T-72B3M, 850 darab T-72B3-as volt. A többi eszköz az ennél régebbi változatok közül került ki. A T-72B3-as az orosz szárazföldi erők kötelékében a legelterjedtebb harckocsi változat.

A háborús tapasztalatok szerint a T-72B3 Kontakt-5, vagy a T-72B3M Relikt reaktív páncéllapjai működésképes állapotban sem nyújtottak kellő védelmet a modern páncéltörő fegyverek ellen. A szíriai hadszíntéren, a fentről támadó páncéltörő rakéták ellen alkalmazott kiegészítő tetőpáncél sem bizonyult hatékonynak az FGM-148 Javelin rakéták ellen. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a harckocsi páncélvédelmének növelése létfontosságú, ezt a mozgékony csökkenése nélkül, további súlynövekedés el-



9. ábra. Orosz T-72B3-as harckocsi a Győzelem napja alkalmából 2017-ben rendezett díszszemlén Moszkvában (Fotó: Zentay Péter, HT archív)



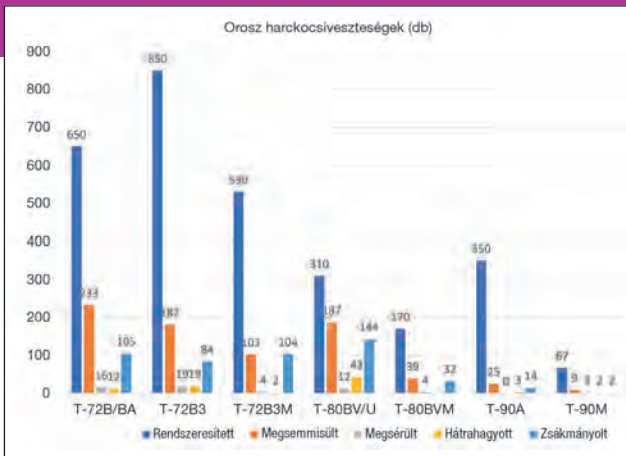
10. ábra. Egy megsemmisült T-72-es harckocsi [13]

kerülésével kell megvalósítani. Erre az aktív és reaktív páncélvédelem további fejlesztésével nyílik lehetőség.

Nem meglepő, hogy a legnagyobb veszteségeket a T-72-es harckocsi típus szenvedte el, mivel ez a legelterjedtebb alkalmazott típus. A rendelkezésre álló adatok alapján a háború kitörése óta (2023 májusáig, a tanulmány leadásának időpontjáig) az orosz haderő 36 darab T-72A harckocsi, a T-72AV típusból 9, a T-72B típusból 298, a T-72BA típusból 24, a T-72B3-asból 265 darabos veszteséget szenvedett. Az orosz oldalon, az alkalmazott harckocsik között még mindig a T-72-es különböző változatai tekinthetők az alapmodellnek. A típuscsalád legmodernebb variánsa a T-72B3M típus, amely verziót 2014-ben mutatták be, és az első 20 darab 2017-ben állt hadrendbe.

A harckocsit az elérhető legmodernebb orosz tűzvezető rendszerrel szerelték fel. A Sosna-U rendszer új, nagy hatékonyágú termovíziós berendezést, lézeres távolságmérőt és egy ballisztikai számítógépet tartalmaz. Kicserélték a rádióberendezését, amely titkosított hang- és adattovábbításra is képes. A 2A46M5 125 mm űrméretű harckocsiágyú a harckocsi fő fegyvere, amely a 2A46M továbbfejlesztett változata. A harckocsiágyú űrméret alatti, repeszromboló és kumulatív gránátok, valamint 9M119 Refleks (NATO kód: AT-11 Sniper) lézersugaras, irányított páncéltörő rakéta alkalmazására is képes. Ezenkívül a harcjárművet egy 7,62 mm űrméretű párhuzamosított, valamint egy 12,7 mm-es toronygéppuskával is felszerelték. A parancsnok figyelőműszerét úgy fejlesztették tovább, hogy – a nyugati harckocsikhoz hasonlóan –, nappali panoráma és termokép alkotásra legyen képes. A harckocsi önálló lézertáv mérővel rendelkezik, ez biztosítja a modern harckocsikra jellemző „hunter-killer”⁶ képességet. A harckocsi az új Relikt reaktív páncélatatot kapta, ezzel váltották le a második generációs Kontakt-5 reaktív páncéllapokat. A harckocsi meghajtását az új, 831 kW (1130 LE) teljesítményű V-92S2F harckocsimotor biztosítja. [14]

Egy 2021. évi döntés nyomán az orosz haderő összes T-72B harckocsiját modernizálták volna a T-72B3M verzióra. Az Oroszország elleni szankciók, valamint a háború kitörése radikálisan lassította a modernizációs folyamatot.



11. ábra. Orosz harckocsiveszteségek típusonként (A szerző szerkesztése a [11] alapján)

Az orosz sajtó ugyan rendszeresen közöl felvételeket a gyárak működéséről, ugyanakkor a háború kitörése óta alig néhány új harckocsiszállítmány érkezett meg a hadszíntérre. A modernizációt az alkatrészihiányon túl az is gátolja, hogy a háborúban eddig 298 darab modernizálásra váró T-72B semmisült meg. A 11. ábra azt mutatja be, hogy bizonyos típusok mekkora, és milyen jellegű veszteségeket szenvedtek.

Az adatok szerint a megsemmisülési arányok: a T-72B/BA típus 35,8%-a, a T-72B3 21,4%-a és a T-72B3M 19,4%-a. Pusztán a számok azt mutatják, hogy a modernizáció javított a harckocsi típus túlélőképességén. A T-80-as típus esetében a számok azt mutatják, hogy a T-80BV/U-k 60,3%-a, a T-80BVM-ek 22,9%-a került megsemmisítésre. A T-90-es variánsai közül a T-90A 7,1%-a, a T-90M-ekből 13% semmisült meg. Megállapítható, hogy a T-90-es túlélőképessége lényegesen jobb a korábbi modelleknél. A T80BV/U típusnál rendkívül magas volt a meghibásodási arány, ezek a harcjárművek számos esetben nem tudták felvenni a harcrintkeztést, valamint sok esetben elmentek a kezelőszemélyzet a harckocsiból. Ugyanakkor nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a számok pusztán összehasonlításának csak statisztikai értelemben van létjogosultsága. A statisztikai adatok elemzéséből a hadviselés szabályaira, a hadműveleti és harcászati képességekre vonatkozó következtetést nem szabad levonni. Az adatok további elemzése, a megsemmisülés körülményeinek a megismerése, a tényezők radikális változásának megértése nélkülözhetetlen. Az adatok további torzulását okozhatja, hogy a háború első fázisában számos hátrahagyott harckocsit semmisítettek meg, illetve – mivel a műveletek során a tartalékkészletekből is állítottak hadrendbe harckocsikat, ezért – az összehasonlítási alap is torzult.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Small Wars Journal - Utilization of the DIMEFIL Framework in a Case Study Analysis of Security Cooperation Success; https://smallwarsjournal.com/jrnl/art/utilization-dimefil-framework-case-study-analysis-security-cooperation-success#_ednref1 (Letöltve:2022.10.29.);
- [2] Portfolio, Bejelentette Putyin: részleges mozgósítás lesz Oroszországban; Forrás: <https://www.portfolio.hu/global/20220921/bejelentette-putyin-reszleges-mozgositas-lesz-oroszorszagban-568059> (Letöltve: 2022.12.29.);
- [3] Military Today; http://www.military-today.com/aircraft/shahed_136.htm (Letöltve: 2022.12.29.);

- [4] Országút, Ha győz, ha nem, Oroszország veszít; <https://orszagut.com/kozelet/ha-gyoz-ha-nem-oroszorszag-veszit-2960> (Letöltve: 2022.12.29.);
- [5] Dr. Horváth J. Csaba. Az arab-izraeli háborúk tapasztalatai a haderőnemek és fegyvernemek alkalmazásának tükrében; https://www.uni-nke/document/uni-nke-hu/arad_izraeli_hadoruk.pdf (Letöltve: 2022.8.30.);
- [6] Loefstedt, Arthur B. Yom kippur 1973: An operational analysis of the Sinai campaign; <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA307417.pdf> (Letöltve: 2022.9.1.);
- [7] Mitzer, S., Janovsky, J., Oliemans, J. 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: 2023.4.13.);
- [8] Forrás: <https://imrmedia.in/the-battle-tank-in-future-warfare/> (Letöltve: 2022.9.1.);
- [9] Európai Parlament. At a Glance, Russia's war on Ukraine: Military balance of power kiadványa alapján; [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2022/729292/EPRS_ATA\(2022\)729292_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2022/729292/EPRS_ATA(2022)729292_EN.pdf) (Letöltve: 2023.1.21.);
- [10] Oryx, Attack On Europe: Documenting Ukrainian Equipment Losses During The 2022 Russian Invasion Of Ukraine; <https://www.oryxspioenkop.com/2022/02/attack-on-europe-documenting-ukrainian.html> (Letöltve: 2023.1.22.);
- [11] 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.);
- [12] Foss, Chris. Jane's Armour and Artillery (2005);
- [13] Forrás: <https://edition.cnn.com/2022/04/27/europe/russia-tanks-blown-turrets-intl-hnk-ml/index.html>; (Letöltés: 2023.4.4.);
- [14] T-72B3M Main Battle Tank; <https://www.army-technology.com/projects/t-72b3m-main-battle-tank/>; (Letöltve: 2023.2.1.).

JEGYZETEK

- 1 Heinz Wilhelm Guderian (1888. június 17., Kilm, Németország – 1954. május 14., Schwangau, NSZK) német vezéreredes, a páncélos hadviselés és a villámháború (Blitzkrieg) teoretikusa. Kossuth Kiadó 1999. Achtung! Panzer! (Riadó! Páncélosok).
- 2 Az Oryx vagy az Oryxspioenkop egy holland nyílt forráskódú hírszerzési védelmi elemző webhely és hadviselési kutatócsoport. Stijn Mitzer és Joost Oliemans vezeti. (A szerk.)
- 3 MBT – Main Battle Tank – harckocsi; AFV – Armoured Fighting Vehicle – páncélozott harcjármű; IFV – Infantry Fighting Vehicle – gyalogsági harcjármű; APC – Armored Personnel Carrier – páncélozott csapat szállító; MRAP – Mine-Resistant Ambush Protected – akna és rajtaütés ellen védett; IMV – Infantry Mobility Vehicle – multifunkciós lövész harcjármű; CPS – Command Posts And Communications Station – (páncélozott) vezetési pont.
- 4 Leonid Nyikolajevics Karcev (1922. július 21., Szkomovo, Oroszország – 2013. április 13., Moszkva, Oroszország) nyugalmazott vezérőrnagy, a műszaki tudományok kandidátusa. 1953-tól 1969-ig az Urál Vagonművek (UralvagonZavod) főtervezője volt. A Szovjetunió Állami Díjának kitüntetettje.
- 5 MBT 2.927 db, amelyből: 650 db T-72B/BA; 850 db T-72B3-as; 530 db T-72B3M; 310 db T-80BV/U; 170 db T-80BVM; 350 db T-90A; 67 db T-90M. (10 200 harckocsi tárolásban: 7000 db T-72-es / T-72A/B; 3000 db T-80B/BV/U; 200 db T-90-es.)
- 6 „Hunter-killer” harcéljárás során a parancsnok (hunter, azaz vadász) felderíti a harcjármű környezetét. Az azonosított célt átadja az irányzóknak (killer, azaz gyilkos), aki a torony automatikusan célra fordulása után a harckocsigyűlvél vagy a párhuzamosított géppuskával megsemmisíti azt.

Bakos Tamás*

Katonai műszaki-technikai újdonságok a MILENG COE 2022-es ipari napján II. rész

Anémetszági Ingolstadtban működő NATO Katonai Műszaki Kiválósági Központ évente megrendezi a Katonai Műszaki Információs Szemináriumot és annak keretében az „Ipar Napja” elnevezésű rendezvényt, ahol az érdeklődők megismerkedhetnek a fejlesztők legújabb katonai műszaki és mérnöki témához kapcsolódó termékeivel. A szerző, tanulmányának első részében a műszaki-technikai eszközök új generációjára, valamint a műszaki támogatás új lehetőségeire hívta fel a figyelmet. Különböző gyártók által fejlesztett harckocsi elleni akna-rendszereket, irányított hatású repesztölteteket, átjárónyitó nyújtott tölteteket, az erődítésben és táborvédelemben alkalmazható moduláris eszközöket és acél szendvicelemeget mutatott be. A tanulmány második része a katonai műszaki fejlesztések ágaihoz tartozó termékek közül, egy álcázó technológiával foglalkozó gyártó termékeit mutatja be.

A SZAKMAI KIÁLLÍTÁS ÉS BEMUTATÓ

Az ipari kiállítási nap kiváló alapot biztosított arra, hogy a NATO-szervezetek és a résztvevő országok műszaki területen dolgozó szakértői találkozassanak a speciális területen működő vállalatokkal, vállalkozásokkal, innovatív cégekkel, szervezetekkel, megosztva egymással a tapasztalatokat, ismereteket, ötleteket, ezzel is elősegítve a termékek és szolgáltatások további fejlődését. A műszaki fejlődés – bármely szakterületet is vizsgáljuk – igen sokrétű. [21]

MIRANDA MILITARY

A lengyelországi székhelyű Miranda Military (Miranda Spółka z o.o.) cég technológiailag fejlett poliészter, poliamid és vegyes szövetek gyártására specializálódott. Több mint 70 éves tapasztalattal rendelkeznek a textiltermékek gyártásában, a fegyveres erők részére 2007 óta gyártanak különböző típusú álcázó rendszereket.

A szövő, a kötő, a festő alapegységektől kezdve, a kiegészítő eszközök gyártásáig a teljes körű termelési folyamatot képesek teljesíteni.

Saját laboratóriumukban és kutatóhelyiségükben a gyártás folyamatos ellenőrzését, valamint a minőségi, környezetvédelmi és higiéniai előírások betartását biztosítják. [22]

A kollektív álcázó rendszereik multispektrális tulajdonsággal bírnak, vagyis az elektromágneses spektrum több tartományában működő felderítőeszközökkel szemben is képesek csökkenteni az észlelés lehetőségét: [23]

- UV (Ultraviolet spectrum) – az ultraviolet hullámtartományt használó felderítőeszközök működési elve hasonló a hagyományos radarokéhoz, vagyis a kisugárzott jel visszaverődik a tárgyról, amelyből a kinyert adatokat képalkotó eszköz dolgozza fel. [4] Előnye, hogy kevésbé érzékeny a rossz időjárási viszonyok között, a jel erőssége nedves környezetben (esőben, havazásban, ködben) sem csillapodik jelentősen.
- VIS (Visible spectrum) – a látható fény tartományában szabad szemmel, optikai és elektrooptikai eszközökkel, műszerekkel észlelik, azonosítják a tárgyakat.

* Alezredes, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Művelési Támogató Tanszék, tanársegéd. ORCID: 0000-0003-3104-6901

Ebben a tartományban az álcázás alapja a szín, az árnyalat, az alak, a textúra, a méret, a minta elfedése, a környezettel történő összehasonlíthatóság minimalizálása.

- NIR (Near-infrared spectrum) – a közeli infravörös sugárzást különböző mértékben verik vissza az élő növények, a száraz növények és a mesterséges anyagok. Ezt a visszaverődési különbséget használják fel az éjjellátó eszközök, az irányzékok és a periszkópok.
- SWIR (Short-wave infrared spectrum) – a rövidhullámú infravörös spektrumban működő szenzorokat, műszereket egyre gyakrabban használják, mivel bármely időjárási körülmények között nagy pontosságot adnak.
- TIR (Thermal infrared spectrum) – a termikus infravörös (középhullámú infravörös – MWIR, hosszúhullámú infravörös – LWIR) hullámsávon működő képalkotó eszközök a célobjektum hőprofilját, valamint az objektum és a háttér közötti látszólagos hőmérséklet-különbségeket teszik láthatóvá. A hőprofil jellegzetes formája, a forró pontok elrendeződése és koncentrációja könnyen felismerhető tárgykontúrokat hoz létre.
- Radar (Radio detection and ranging) – a rádiólokációs felderítés a radarhullámok visszaverődésének jelenségét, a különböző objektumoktól származó hullámok reflexiós képességének különbségeit használja fel. A különböző anyagú felületek visszaverő képessége egyedi és eltérő, vagyis az úgynevezett radarvisszhang nagyon fontos azonosítási tényező.

MULTISPEKTRÁLIS, EGY- ÉS KÉTOLDALAS, STATIKUS 2D-S ÁLCAHÁLÓ

A technikai eszközök és a személyi állomány álcázására, védelmére tervezett eszköz tartós anyagokból készül, nagy szakítószilárdságú, alacsony vízfelvételű, átlátszó háló. Az anyagában színezett eszköz olyan technológiával készül,



20. ábra. Multispektrális statikus, kétoldalas, téli színezésű 2D-s álcaháló telepített állapotban [25]

21. ábra. Multispektrális statikus téli színezésű 2D-s álcaháló telepített állapotban [26]



amely a háló két oldalán eltérő színeket is alkalmazhat. Így a kétoldalas verzió két – általában egymáshoz közel álló – színezést is lehetővé tesz, például erdei, hegyvidéki, sivatagi vagy sziklás-sivatagi színezést. Ezzel egy készlet két különböző terepen is alkalmazható. [25] (20. ábra)

Az alakmászító rudaknak köszönhetően különféle térszerkezet alakítható ki, amely homorú és domború részeivel jobban illeszkedik a terephez. A hálók szélének kialakítása lehetővé teszi több elem összefűzését, ez a technológia az eszközt egyedi méretű és formájú objektumok álcázására is alkalmassá teszi.

Az egymástól eltérő környezetek színösszetételét elemezve speciális dedikált színmintákat és színező anyagokat terveztek és alkalmaztak, amelyek paraméterei meg egyeznek a természetes környezetével (21. ábra), így a VIS-, a NIR- és a SWIR-spektrumokat használó felderítőeszközök elleni álcázó képessége kiemelkedő. A háló anyaga csökkenti a kisugárzott hő távoli észlelését, a TIR-spektrumokat alkalmazó felderítőeszközök elleni álcázást erősítve.

Az álcázott objektum radarjelének megváltoztatásával megakadályozza a radarészlelés hatékony alkalmazását is. A téli alkalmazásra kifejlesztett álcaháló UV-visszaverő tulajdonságai hasonlóak a hóval borított környezetéhez, fejlett védelmet nyújtva az UV-tartományban működő korai felismerő eszközökkel szemben.

Az álcaháléhoz tartozó felszerelések gyors és stabil telepíthetőséget biztosítanak. [26]

A készlet tartalma:

- álcaháló;
- teleszkópos tartórudak;
- teleszkópos alakmászító rudak;
- leszűrőtüskék, valamint azok leütésére és kihúzására szolgáló szerszámok;
- rögzítő- és feszítőzsinórok;
- javítókészlet. (22. ábra)

MULTISPEKTRÁLIS, STATIKUS 3D-S ÁLCAHÁLÓ

Az előzőekben bemutatott 2D-s álcahálókhoz hasonlóan a technikai eszközök és a személyi állomány álcázására, védelmére tervezték a 3D-s álcahálót is, de a két eszköz felületi kialakításában eltér egymástól.

A 3D-s álcaháló a természetes környezet, a lomboszat és a terep textúráját utánozza, a térbeliség benyomását keltve

22. ábra. A multispektrális statikus álcahálókészlet tartozékai [26]





23. ábra. Multispektrális statikus, nyári színezésű 3D-s álcaháló külső a), és belső b) felülete telepített állapotban [27]

fokozott védelmet nyújt erdei környezetben. A háló felső rétegében íves bevágásokat alkalmaznak, amelyek utánozzák a növényzetet és a szélben mozognak. Ez a fejlesztés nagyobb rejtést biztosít a lombzat között, és a felület hűtését is optimálisabban biztosítja. (23. ábra)

Ezt a típust – Berberys néven – 2007 óta használják a lengyel hadseregben különböző járművek, technikai eszközök, parancsnoki létesítmények álcázására. [27]

A 3D-s álcahálóknak már létezik továbbfejlesztett változata is, amely 15%-kal könnyebb, 25%-kal tartósabb, valamint jelentősen javultak a hő- és radarfelderítés elleni álcázó képességei. [28]

A 3D-s álcaháló anyagában a 2D-s álcahálókhöz hasonló, így a VIS-, a NIR- és a TIR-spektrumokat alkalmazó felderítőeszközökkel szemben, valamint a radarjelek hatékony megváltoztatásával a radarfelderítő-eszközökkel szemben is hatékony álcázóképességgel bír.

A készlet tartozékai, a hálók összefűzhetősége, és a telepítés módja ugyancsak a 2D-s álcahálókhöz teszi hasonlatossá.

MULTISPEKTRÁLIS MOBIL ÁLCÁZÓKÉSZLET

A mobil álcázókészletet kifejezetten technikai eszközök álcázására fejlesztették ki. A speciális textil a járművek profiljának módosításával csökkenti az észlelés valószínűségét.

A multispektrális mobil álcázókészlet megzavarja a felderítőeszközök érzékelőit, azonosító algoritmusait azáltal, hogy eltorzítja a technikai eszköz alakját, színét, hő- és

24. ábra. Multispektrális mobil álcázókészlet telepített állapotban [29]



25. ábra. Multispektrális mobil álcázókészlet adott harcjárműhöz igazítva [29]

radarképét, vagyis megnehezíti a legfontosabb azonosítási pontok, paraméterek észlelését. (24. ábra)

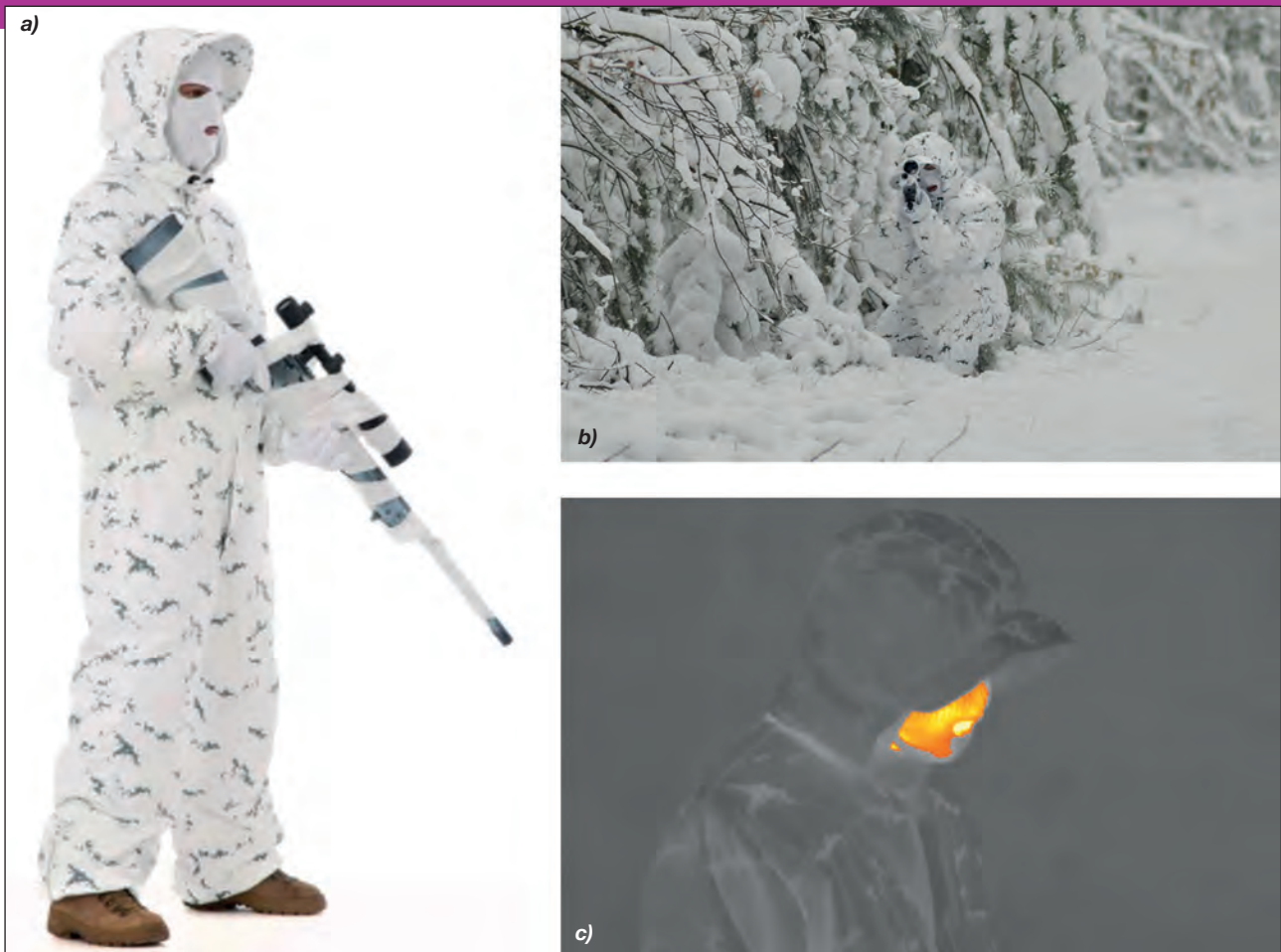
A készlet moduláris felépítése lehetővé teszi az álcázópanelek különböző formájú járművekhez történő hozzáigazítását és gyors felszerelését. (25. ábra) Az álcázó felszerelés paneles kialakítása megkönnyíti a sérült álcázó részek egyszerű cseréjét. [29] (19. ábra)

Anyagában a már bemutatott álcahálókhöz hasonló, tehát a VIS-, a NIR- és a TIR-spektrumokat alkalmazó felderítőeszközökkel szemben, valamint a radarjelek hatékony megváltoztatásával a radarfelderítő-eszközökkel szemben is hatékonyabb álcázóképességgel bír, mint a korábban elterjedt álcázó festés.

MULTISPEKTRÁLIS TÉLI ÁLCARUHA

A multispektrális téli álcaruha a személyi állomány téli körülményekre tervezett egyéni álcázására alkalmazható, a szokásos egyenruha felett viselhető. Az innovatív anyagmegoldások lehetővé teszik az észlelés elleni védelmet minden fő észlelési hullámhosszon az UV-, a VIS-, a NIR-, a SWIR- és a TIR-spektrumok alkalmazásával működő felderítőeszközök ellen, miközben biztosítják a felhasználó kényelmét. (26.a ábra)

Az öltözékkel mérésekkel igazoltan rejtja a hőszugárzás akár 90%-át, és hatékonyan rejt az optikai és éjjellátó eszközökkel történő felderítéstől 20–25 méter távolságra is. (26.c ábra) A ruha UV-visszaverődése megegyezik a téli környezettel, így hatékonyan rejt az UV-spektrumot alkalmazó felderítőeszközök ellen.



26. ábra. Multispektrális téli álcaruha a), a téli álcaruha vizuális rejtése b) és hőszugárzás-rejtése c) [30]

A ruha összességében kevesebb mint 2,5 kg tömegű és integrált, megerősített béléssel, valamint külön a térdnél és a könyöknél bevarrt habpárnákkal rendelkezik. A hátoldalon a felhasználó által állítható (szűkíthető-tágítható) szellőzést biztosít. Az oldalsó cipzárokon keresztül könnyen hozzáférhető a ruha alatti páncél, és a zsebek. Az integrált cipőkapocs megakadályozza az öltözet lábrészének használat közben történő felcsúszását.

Az álcaruha anyaga tűzálló, alacsony vízfelvételű, a te-repszínű minta az igényeknek megfelelően – a gyártási technológia során – alakítható ki. [30] (26.b ábra)

RADARFELDERÍTÉS ELLENI BELSŐ BÉLÉS

A belső bélést nagyméretű technikai eszközök rejtésére, illetve hangárok belső kiegészítésére fejlesztették ki. Bár sátorként önállóan is alkalmazható, felépítéséből és anyagából adódóan nem alkalmas repeszek és lövedékek elleni fizikai védelemre. (27. ábra) Kiválóan alkalmas azonban a rádiólokációs és hőfelderítés elleni álcázásra, valamint a

–40°C és +70°C közötti tartományban a külső hőmérsékletváltozások elleni védelemre.

A belső bélésben alkalmazott anyagok és technológiai megoldások megakadályozzák a hangárban lévő berendezések és személyek radarhullámok segítségével történő észlelését. A radarfelderítés elől történő elrejtőzés hatását a mikro-hullámú sugárzási energia elnyelésével és szórásával éri el.

A fejlesztett többrétegű kompozit szövet legalább 30 dB kétirányú radarcscillapításra alkalmas az 1 GHz és 110 GHz közötti frekvenciatartományban. Belső rétege fehér színű, amely növeli a belső világítás hatékonyságát a hangárban. (28. ábra)

A kompozit szövet égésgátló anyagból készül, tömege területegységként viszonylag alacsony: 500 g/m². [31]

EGYÉNI ÁLCÁZÓLEPEL

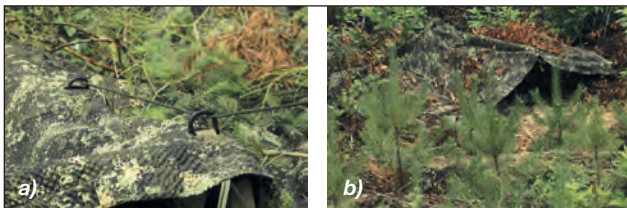
A katona egyéni felszerelésének részét képező álcázólepel alkalmazható rögtönzött menedékként, hordágyként vagy ponyvaként. (29b. ábra) A gyártó által tervezett anyagból

27. ábra. Radarfelderítés elleni belső bélés alkalmazása [31]





28. ábra. Radarfelderítés elleni belső bélés telepített állapotban [31]



29. ábra. Egyéni álcázólepel rögzítése a) az álcázólepel alkalmazása menedékként b) [32]



30. ábra. Egyéni álcázólepel hordtáskája és tartozékai [32]

készül, ami a VIS-, a NIR-, a SWIR- és a TIR-tartományokban működő felderítőeszközökkel szembeni álcázásra teszi alkalmassá.

A speciális, terepszínű minta tökéletesen illeszkedik a természetes környezetbe, hatékony védelmet nyújt az optikai felderítőrendszerekkel szemben, valamint magas szintű álcázást biztosít a hőkamerás és éjjellátó eszközökkel szemben. Egyéni felszerelésként történő alkalmazása miatt érdemes kiemelni, hogy védelmet nyújt a kedvezőtlen időjárási körülményekkel szemben is. Az anyag tűzálló, és magas vízállósággal rendelkezik.

A lepel több, strapabíró hurokkal és rögzítőfüllel rendelkezik, ami stabil rögzítést és tetszőleges számú lepel összekapcsolását teszi lehetővé a nagyobb felületek kialakítása érdekében. [32] (29a. ábra)

A készlet tartalma:

- egyéni álcázólepel;
- rögzítő, és gumírozott feszítőzsinórok;
- széthajtható feszítő-stabilizáló rúd;
- MOLLE-PALS rögzítési rendszerrel kompatibilis hordtáska. (30. ábra)

ÖSSZEGRÉS

Az ipari napon megjelenő és bemutatkozó gyártók és szolgáltató cégek termékpalettája rendkívül sokrétű. Bár a jelen publikáció egy konkrét gyártó álcázástechnikai eszközeire fókuszál, természetesen több cég is képviseltette magát hasonló termékekkel. Az ismertetett termékek jól tükrözik, hogy a felderítési technológiák fejlődését az álcázó technológiák fejlesztési irányainak is követniük kell. A világ számos pontján megrendezett haditechnikai kiállításokon egyre gyakrabban jelennek meg olyan felderítőeszközök, amelyek egyszerre alkalmaznak több tartományú szűrést, algoritmikus elemzést, módszert és azokat összevetve alakítják ki a megjelenítendő képet. Ezen eszközökre válaszként kerülnek forgalomba és fejlődnek azon álcázó rendszerek, amelyek egyszerre képesek az elektromágneses sugárzás spektrumának több tartományában, a lehető legnagyobb hatékonysággal rejtteni.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [21] NATO MILENG COE – NATO Military Engineering Centre of Excellence – NATO Katonai Műszaki Kiválósági Központ <http://www.milengcoe.org> (Letöltve: 2023.2.5.);
- [22] „Miranda Military About Us” Miranda Military, <https://mirandamilitary.pl/en/home-en/> (Letöltve: 2023.2.5.);
- [23] „Multispectral camouflage systems” Miranda Military, <https://mirandamilitary.pl/en/static-camouflage/> (Letöltve: 2023.2.5.);
- [24] Kovács László. „Az elektronikai hadviselés korszerű eszközei, eljárások és azok alkalmazhatósága a Magyar Honvédségben” Doktori (PhD) értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2003, 54. <https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/11964/Teljes%20sz%C3%B6veg!.pdf?sequence=1> (Letöltve: 2023.2.7.);
- [25] „Multispectral double-sided 2D camouflage net” Miranda Military, <https://mirandamilitary.pl/en/2d-double-sided-camouflage/> (Letöltve: 2023.2.11.);
- [26] „Multispectral 2D camouflage net” Miranda Military, <https://mirandamilitary.pl/en/2d-camouflage/> (Letöltve: 2023.3.11.);
- [27] „Multispectral 3D camouflage net” Miranda Military, <https://mirandamilitary.pl/en/3d-camouflage/> (Letöltve: 2023.3.13.);
- [28] „New Berberys Multispectral camouflage net” Miranda Military, <https://mirandamilitary.pl/en/new-3d-camouflage/> (Letöltve: 2023.3.17.);
- [29] „Multispectral mobile camouflage” Miranda Military, <https://mirandamilitary.pl/en/mobile-camouflage/> (Letöltve: 2023.3.18.);
- [30] „Individual winter camouflage suit” Miranda Military, <https://mirandamilitary.pl/en/individual-winter-camouflage-suit/> (Letöltve: 2023.3.18.);
- [31] „Anti-radar inner liner” Miranda Military, <https://mirandamilitary.pl/en/anti-radar-inner-liner/> (Letöltve: 2023.3.20.);
- [32] „Individual camouflage screen brochure” Miranda Military, Miranda Sp. z o.o. press, (Jedwabnica 1., 62-700 Turek) Poland, 2022., p. 11.

10. ábra. A Bayraktar TB3 típusú haditengerészeti pilóta nélküli harci repülőgép tervezésekor már figyelembe vették a nemrég átadott TCG Anadolu „drónhordozó” igényeit is (Forrás: Shutterstock)



Hegedűs Ernő* – Hennel Sándor** – Végvári Zsolt***

A Bayraktar drónok III. rész

A cikksorozat a Bayraktar drónok fejlesztésének és alkalmazásának történetét dolgozza fel, különös tekintettel a TB2-es típusra. A török Baykar Makina cég 2016-tól gyárt MALE UCAV eszközöket – Medium Altitude Long Endurance (MALE) Unmanned combat aerial vehicle (UCAV) – azaz közepes magasságú, hosszú repülési idejű, pilóta nélküli harci légi járműveket. A szerzők a sorozat korábbi részeiben bemutatták a típuscsalád tagjait, és a TB2-es változatot összehasonlították más gyártók ismert típusaival a NATO Class II-III UAV főbb paramétereit alapján. A Bayraktar drónok történetét feldolgozó sorozat a TB2 típusra fókuszál, hiszen a felfegyverzett TB2 UAV a 2020. évi azeri–örmény háborúban, majd a 2022. évi orosz–ukrán háborúban egyaránt jelentős szerephez jutott.

A 2022. ÉVI OROSZ–UKRÁN HÁBORÚ

Különösen fontos szerephez jutottak a drónok az ukrajnai háborúban. A TB2-esek, valamint a velük együtt alkalmazott irányított fegyverek szállítása már folyamatban volt, amikor kitört a 2022. évi orosz–ukrán háború. A kijevi védelmi minisztérium 2022 elejéig 12 darab Bayraktar TB2-es UAS-rendszert szerzett be. [36]

Bár a TB2-es szerepe jóval nagyobb volt a karabahi konfliktusban, az igazi médiafigyelmet a 2022 februárjában kitört orosz–ukrán háborúban vonta magára. Az Ukrajna által bevetett drónok számáról nincs pontos információ, de az biztos, hogy közel száz típus számtalan példányát – köztük átalakított civil típusokat is – bevetettek az inváziós erők ellen, tehát ez a háború is tekinthető drónháborúnak. Ugyanakkor a konfliktus tér- és időbeli kiterjedtsége, és a résztvevő haderők mérete miatt sem egyetlen típus, sem egyetlen haditechnikai eszközkategória – az UAV alkalmazása – nem tekinthető perdöntőnek.

Az sem pontosan ismert, hogy hány darab TB2-est alkalmaznak az ukrán erők. Ami biztos, hogy az ország mintegy 50 darabos mennyiséget rendelt és kapott meg a Bayraktartól még a háborút megelőzően, amelyeket intenzíven alkalmazott is. Kijev 50 darab TB2-es drónt kapott Törökországtól

az orosz invázió kezdete óta – nyilatkozta Olekszij Reznjukov ukrán védelmi miniszter 2022 júniusában. Alkalmazásukra a 383. UAV-ezred kötelékében került sor. [37]

A TB2-es hatása az ukrajnai konfliktusban kezdetben jelentősnek tűnt. A TB2 kategóriájában – kimondottan nagy hatótávolságát kihasználva – rendszeresen járőröztek ezek a gépek a Krím környékén, és részt vettek például az Ukrajna függetlenségének 30 éves évfordulója tiszteletére rendezett kijevi felvonuláson is 2021 augusztusában, de az eszközöket 2021 őszétől már az oroszbarát milíciák támadására is használták a donyecki régióban. [38] Ezután a típusból, közvetlenül a háború kitörése előtt újabb 16 darab gépet, illetve a háború során további (ismeretlen mennyiségű) példányt rendeltek az ukrán erők, de a teljes leszállított mennyiség valószínűleg így sem éri el a 100 darabot.

A TB2-es valószínűleg tudatos ukrán információs művelet kapcsán válhatott egyfajta legendává. A háború első hónapjaiban ugyanis az előretörő orosz erők Ukrajna keleti és déli területein viszonylag gyorsan jelentős területeket szálltak meg, így az ukrán vezetés minden eszközt megragadott a morál fenntartása érdekében. Mivel a háborúnak ebben a szakaszában az oroszokat (a korábbi karabahi konfliktus ellenére) teljesen felkészületlenül érték a dróncsapások, a Bayraktarok jelentős és látványos sikereket értek el, és az azokról készült felvételeket valamennyi közösségi médiában terjesztették. Érdekes, hogy bár az orosz haderő kifejlesztett jónéhány UAV-t, azokat csak minimális mennyiségben használták a háború első néhány hónapjában. A beazonosított ukrán célokat jobbra légi-csapásokkal vagy rakétatüzérséggel próbálták megsemmisíteni, és az orosz dróntevékenység az említett időszakban javarészt az elavult Orlan-10 típusú tüzérségi felderítő és megfigyelő UAV-k repülésére korlátozódott.

A térség biztonságpolitikai megítélése, komplexitása és a folyamatban lévő események volta miatt nehéz átlépni jelen tanulmány kitekintési irányultságát. A kézirat leadásakor még egyáltalán nem világos az orosz katonapolitikai szándék, és annak hiányában a technikai súlyozás sem ejtendő meg. Mindenesetre úgy tűnik, mintha a háború későbbi szakaszában az orosz erők is nagyobb hangsúlyt

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

** Alezredes, PhD, repülőgépvezető, repülőmérnök, NKE Katonai Műszaki Doktori Iskola, oktató. ORCID: 0000-0002-1923-3432

*** Alezredes, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Haditechnikai Tanszék, tanársegéd. ORCID: 0000-0003-2543-6049





11. ábra. Bayraktar drón orosz gépkocsioszlopot támad 2022 februárjában [41]

helyeznének mind a drónok elleni védekezésre, mind azok alkalmazására. Ez utóbbira ékes példa a 2022 októberében megindult tömeges dróncsapás, amelyhez iráni gyártmányú Shahed-136 kamikaze drónokat és/vagy azok orosz klónját, a Geran-2-es (Герань-2) típust használták. [39]

Tény, hogy a TB2-esek tevékenysége önmagában még csak le sem lassította igazán az orosz csapatmozgásokat, de a felrobbanó orosz harckocsik látványa mind az ukrán, mind a nyugati szövetséges lakosság számára lelkesítőleg hatott. [40] Ugyanakkor az is egyértelmű, hogy az ukrán drónok, köztük a TB2-esek megjelenésére nem volt valóban hatékony válasza az oroszoknak, így azok csaknem zavartalanul pusztíthatnak. Az is tény, hogy elsősorban az orosz utánpótlási vonalakat támadták, és a felrobbanó-kigyulladó teherautók kevésbé voltak látványosak, azonban annál inkább hatásosak.

A háború második szakaszában az orosz erők jól kiépített ukrán állásokba botlottak mind Donbasz területén, mind délen, Zaporizzsja és Herszon megyékben, így az előnyomulás nagyon lelassult. A háború elején a – valószínűleg hibás – hírszerzési információkra alapozott Kijev és Harkiv irányú támadás teljesen el is akadt. Miután az oroszok csak egy nagyon limitált előerővel támadtak (így lehetett háború helyett „különleges katonai műveletnek” nevezni az offenzívát), Kijev és Harkiv közeléből az orosz vezetés áprilisban kénytelen volt visszavonni a csapatait. A déli és keleti frontokon még folytatódott az előretörés, de az extrém módon lelassult, egyfajta pusztító tüzérségi anyagháborúba fordult. [42]

Mivel Ukrajna nemcsak nyugati (főleg amerikai, kisebb részben brit) tanácsadókkal rendelkezett, hanem valós idejű felderítési információkat is kapott a szövetségeseitől, a nyár végén ellenoffenzívát indított, kihasználva, hogy előerőben felülmúlta az oroszokat, és október végéig jelentős területeket foglalt vissza főleg északkeleten (a déli fronton a kézirat leadásának idején pedig már Herszont támadták). (Azóta el is foglalták – a szerk.) Erre az időszakra némileg lecsökkent a drónok jelentősége. Bár a dróntámadások folyamatosan zajlottak, az oroszok már jóval hatékonyabban küzdöttek ellene. Ennek oka, hogy egyrészt a támadó orosz csoportosulásokhoz felzárkóztak a légvédelmi erők, illetve az elektronikai harci csapatok, másrészt az orosz katonák is kitapasztalták az ukrán harcmodort, és szervezéssel, álcázással stb. próbálták csökkenteni a dróntámadások kockázatát. [42]

A konfliktusnak erre az időszakára az ukrán haderő nehézfegyverzete már jelentős részben nyugati technikai eszközökből állt, és a drónok tekintetében is túlsúlyba kerültek a nyugati, elsősorban amerikai típusok. Az említett időszakban a Bayraktarok minimum fele már megsemmisült, és pótlásukra kevés a remény, mivel az USA-val és Nyugat-Európával ellentétben, Törökország nem küld in-

gyen hadfelszerelést Ukrajnába. Elmondható azonban, hogy 2022 végére a TB2-es eljátszotta a maga viszonylag rövid, ámde dicsőséges szerepét a harcban, és az ukrán ellenállás egyik szimbólumává vált.

A Bayraktarok valóban komoly károkat okoztak az orosz megszálló csapatoknak, de hogy a harcok során hány esz-közt vesztek az oroszok, és közben hány TB2-est vesztek az ukránok, azt valószínűleg csak a háború után – vagy akkor sem – tudjuk meg. Mivel a modern háborúk már csak részben zajlanak a kinetikus térben, és egyre növekvő arányban a médiában vívják a csatákat, mind az orosz, mind az ukrán fél hamis információkat közöl, és elképesztő ellenséges veszteségekről beszélnek minimális saját veszteségek mellett. Erre példa 2022. február 24., vagyis a háború első napjának kommunikációja. Ekkor az ukránok szerint a Bayraktarok összesen 120 darab harckocsit és egyéb „kemény” célt lőttek ki, miközben az orosz hadsereg 4 darab, míg az oroszbarát szeptarartista erők további 2 darab TB2-es lelövését jelentették. [47] Nyilvánvaló, hogy e szerint a kommunikációs trend szerint a hónap végére az orosz harckocsik és az ukrán Bayraktarok is elfogytak volna. Szintén nem igazolható az az ukrán állítás, amely szerint például augusztus 31. és szeptember 2. között a TB2-esek 26,5 millió dollár értékű orosz haditechnikát, közte 8 darab harckocsit pusztítottak el. [43] Az viszont bizonyított, hogy az ukránok a Bayraktar nimbuszának építése során hamis híryanagyokat, pl. a karabahi konfliktusból származó videókat is felhasználtak.

Bár az USA-tól kapott, javarészt műholdas információk felbecsülhetetlen segítséget jelentettek az ukrán hadsereg hadműveleteinek tervezésében és kivitelezésében, maguknak az ukránoknak a TB2-es az egyik legjobb saját felderítő eszközük. Egyes jelentések szerint az ukrán haditengerészet TB2-esei szerepet vállaltak a Moszkva cirkáló elsüllyesztésében is. [44] Kisebb hajókkal, mint pl. az orosz Szerna osztályú partraszálló hajó⁹, maguk is képesek elbánni [45], egyébként ez utóbbi tettel a TB2-es kiérdemelte a „Kígyó-sziget szelleme” elismerő címet is.

Az orosz haderő is rendelkezik olyan korszerű légvédelmi rendszerrel, amely semlegesíteni képes a Bayraktart: ilyen a Pancir-Sz1 önjáró csapatlégvédelmi rendszer, valamint az Sz-400 „Triumf” mobil légvédelmi rakétarendszer, amely egy parancsnoki járműből, föld-levegő rakétarendszerekkel felszerelt szállító-, indítójárművekből és lokátoros járművekből tevődik össze. Egy teljes rendszer 72 darab indítócsőből és 384 föld-levegő rakétából áll. Rakétái 250 vagy 400 kilométeres lőtávolsággal rendelkeznek, ballisztikus rakéták és cirkálórakéták semlegesítésére is alkalmasak. Ezeket kiegészítik még 9M96E és 9M96E2 típusú, aktív radarkövetéssel működő, 120 és 40 kilométeres hatótávolságú rakéták, amelyek gyorsan mozgó merevszárnyas repülőgépek ellen hatékonyak, illetve azokat indítják a drónok leküzdésére is. A Bayraktarok hatékonyságának csökkentésében közreműködő Krasukha-4 elektronikai hadviselési eszköz már Szíriában, és a második karabahi háborúban is bizonyított. Az orosz haderő azt állítja, hogy több tucat TB2-es drónt lőtt le.

Összességében elmondható, hogy a Bayraktar TB2-es UAV az azeri-örmény háborúban rendkívül fontos szerepet játszott, és a tevékenysége valóban meghatározó volt a háború kimenetele szempontjából. Az orosz-ukrán háborúban szintén fontos eszköz, de nem a harci képességei, hanem elsősorban a médiaértéke miatt. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy indokolatlanul túlértékelt lenne, a harcokban nyújtott teljesítménye alapján vált az ukrán háború egyik ikonikus eszközévé. A Bayraktar TB2-es eddigi harci alkalmazása feltételezhetően sikeres volt, hiszen az ukrá-

nok részt vesznek a Bayraktar TB2-es UCAV gyártásában is. Ukrajna és Törökország közös vállalatot szándékozik létrehozni annak érdekében, hogy a kelet-európai ország Bayraktar TB2-es harci drónt állítson elő az állami tulajdonú Ukrspetsexport fegyvergyárban.

A média fókuszába került eszköz beszerzésének gondolatával hirtelen sok állam kezdett foglalkozni, de ne feledjük, hogy már az első, líbiai és szíriai tapasztalatok után számos helyen rendszeresítették. Ennek oka az lehet, hogy az izraeli és amerikai eszközöknél jóval olcsóbban biztosít sokoldalú felderítő és csapásmérő képességeket. Tény, hogy számos alkatrésze nem török eredetű, de a végeredmény valójában önálló fejlesztés, hiszen számos óriáscég hasonló termékénél jobbak a mutatói. A fejlesztők az elérhető kereskedelmi termékek és technológiák ügyes összeillesztésével olyan eszközt alkottak, amely elérhető áron kiegyensúlyozott repülési teljesítményt, és sokoldalú alkalmazhatóságot nyújt. A fejlesztés tapasztalatai és a sokéves valós harci tapasztalat a Baykar céget és Törökországot is a drónfejlesztők legjobbjai közé emelte.

A BAYKAR CÉG TOVÁBBI CSAPÁSMÉRŐ UAV ESZKÖZEI

Bár még a TB2-es sem ért alkalmazási ciklusa végére, nemrég mutatták be TB3-as néven, a haditengerészeti változatot. Ez a verzió megőrizte a tolólégcsavaros és fordított V alakú vezérsíkos elrendezést, de méretét tekintve jelentősen nagyobb, mint a TB2-es. Fontos jellemzője a felhajtható szárny és a megerősített futómű, amely általában a haditengerészeti repülőeszközök specialitása. Ezen túl az IR és látható tartományú optikai felderítő rendszeren kívül kapott egy szintetikus apertúrájú radart is. Fontos különbség, hogy az előd 4 darab fegyverfüggesztési pontjához képest már 6 darabbal rendelkezik, amelyen nemcsak a MAM rakétákat (Mini Akilli Mühimmat – MAM, smart micro munition), hanem további korszerűbb, bár csak török gyártmányú fegyverzetet hordozhat. A török haditengerészet mintegy 30-50 darab ilyen UAV telepítését tervezi a közeli jövőben a nemrég vízre bocsátott 232 méter hosszú és több, mint 27 000 tonnás TCG Anadolu¹⁰ partraszállást támogató hadihajó fedélzetére, de valószínűleg felmerült az export lehetősége is. (A TB3-as erőforrása egy gépjárműből származó, repülési szabványoknak megfelelően módosított turbódízel motor, amely – más előnyei mellett – kellően nagy hatótávolságot biztosít.)

A török haditengerészet 2023. április 10-én avatta fel ünnepélyes keretek között a valaha épült legnagyobb török

12. ábra. A TB3-as típus felhajtható szárnyakat kapott; a TB2-eshez képest nagyobb méretű eszköz [46]



13. ábra. A török haditengerészet új zászlóshajója, a TCG Anadolu [47]

hadihajót, a TCG Anadolu-t (Anatólia) [47]. A valóban tekintélyt parancsoló méretű, 232 méter hosszú, 32 méter széles és 27 400 tonna vízkiszorítású hajó hivatalosan partra szállító hajó (amphibious assault ship), de a fegyverzetére figyelemmel a nemzetközi sajtó máris a világ első drónhordozójaként említi. A hajó egyébként teljes terheléssel 20,5 csomós sebességre képes és újradefiniálja Törökország regionális hatalmi ambícióit, ugyanis mintegy 9000 tengeri mérföldet képes megtenni egyetlen feltöltéssel. A hajó 13 db harckocsit, vagy 33 könnyebb járművet képes szállítani, az erők partra tételét 4 db harckocsi (LCM) és 2 db személyszállító (LCVP) kételtű jármű teszi lehetővé [47]. Ugyanakkor a hajót a szinte teljes egészében a repülőfedélzettel alakított felépítménye teszi különösen érdekessé. A számos helikopter mellett a partra szálló erők támogatását elsősorban Bayraktar TB3 típusú repülőgépek végzik majd. A legnagyobb újítás azonban a vadászfedezet biztosítása. Erre a célra sokáig az F-35-ös helyből felszállni képes B változatát preferálták, de miután orosz Sz-400-as légvédelmi rendszereket szereztek be, az USA 2019-ben kizárta Törökországot a Joint Strike Fighting Programból. Erre lehet csattanós válasz a Baykar cég legújabb fejlesztése, a Kizilelma (a Kizil Elma – Vörös Alma név egy Bizánc meghódításához kapcsolódó legendára utal). A repülőgép külsőre megdöbbenően hasonlít az F-35-öshöz, de nincs pilótafülkéje, ugyanis egy STOL UCAV-ról van szó (Unmanned Combat Aerial Vehicle). E gép miatt hozták létre az Anadolu jellegzetes „síugró sáncát”. A láthatóan csökkentett észlelhetőségű (lopakodó) konstrukció hosszúsága 14,7 méter, szárnyfesztávolsága 10 méter. Maximális felszállótömege 6000 kg, amelyből 1500 kg a hasznos terhelés. Maximális sebessége 0,9 Mach és a kb. 5 órás üzemidő mintegy 1000 km-es akciórádiust biztosít az eszköz számára [48]. Első felszállására 2022 decembe-

14. ábra. A Baykar cég legújabb fejlesztése, a Kizilelma UCAV [49]



4. táblázat. A Baykar legnagyobb drónjai és a piacvezető Reaper összehasonlítása (A szerzők szerkesztése az [51] alapján)

Paraméterek	Gyártó cég			
	Baykar			General Atomics
Típus	TB2	TB3	Akinçi	MQ-9 Reaper
Hosszúság [m]	6,5	8,35	12,2	11
Fesztávolság [m]	12	14	20	20
MTOW ¹² [kg]	630	1450	5500	4760
Hasznos teher tömege [kg]	55	280	1350	1400 + 360
Hasznos teher – MTOW arány [%]	9	19	25	37
P _{max} [kW]	73,55	128	2×560	671
Hajtómű típusa	Rotax 912	TEI PD170	2x Al-450T	Honeywell TPE-331
Teljesítmény – tömeg arány [%]	11,7	8,8	20,3	14,1
V _{max} [km/h]	220	300	361	482
V _{utazó} [km/h]	130	232	240	313
Hatótávolság [km]	4000	nincs adat	7500	1900
Repülési idő [h]	20	24	25	14
Max. repülési magasság [ft/m]	22 500/6 858	25 000/7 620	45 000/13 716	50 000/15 240
Függesztési pontok	4	6	8	6 + 1

rében került sor. Rendszeresítését 2024-től tervezik, és ha beválik, az új fejezetet nyithat a pilóta nélküli repülőeszközök történetében.

Egészen más kategóriába tartozik a Baykar egy szintén új fejlesztésű, 2019-ben bemutatott UAV-je, az Akinçi. A török haderő jelenleg 20 darabot üzemeltet, de vásárlóként már bejelentkezett Azerbajdzsán, Kirgizisztán és Pakisztán, ez utóbbi már rendszeresítette is. Az Akinçi egyértelműen a Class III kategória¹¹ versenyzője, számos paraméterében jócskán felülmúlja a kategória klasszikusát az MQ-9 Reapert (Predator B), igaz, az összehasonlítás alapjául szolgáló Reaper alapmodellje már 2007 óta repül. Az imponáló méretű UAV a 8 darab függesztési pontján már amerikai fegyverzetet, például AGM-114 Hellfire rakétákat is hordozhat. Különösen a hatótávolsága és a repülési ideje figyelemre méltó. Az is feltűnő, hogy mind a TB modellek, mind a Predator-Reaper tololégcsavaros elrendezésével szemben, egy kategóriájában szokatlan, kettős vonólégcsavart és egy hagyományos fordított T alakú farokelrendezést kapott.

ÖSSZEGZÉS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A 2020. évi azeri–örmény háború eldöntésében jelentős szerephez jutottak a szervezett kötelékben (UAV-ezred) harcba vetett drónok. A 2022. évi orosz–ukrán háborúban közel száz típus számtalan példányát, köztük átalakított civil típusokat is bevetettek az inváziós erők ellen, tehát ez a háború is tekinthető *drónháborúnak*, ami *korszakhatárt jelent a hadviselésben*. E két háború bebizonyította, hogy a drónok tömegesen alkalmazott, akár háborúk kimenetelét is befolyásoló „új fegyvernem” fejlődtek.

A TB2-es (és általában a török drónipar) jelenlegi erős pozícióját nagyrészt az alapozza meg, hogy talán ez a típus

rendelkezik a legtöbb harci tapasztalattal. Bár az amerikai drónok már a TB2-es első bevetését megelőzően számos sikeres küldetést teljesítettek, nem szabad elfelejteni, hogy azokat szinte kizárólag erősen aszimmetrikus környezetben tették. A Reaperek elsősorban olyan ellenséggel szemben hajtottak végre csapásokat, amelyek semmilyen légvédelmi vagy elektronikai harci képességgel nem rendelkeztek.

Ezzel szemben a Bayraktar drónok a reguláris haderők kiterjedt összecsapásaiban bizonyították az elmúlt években, és mindeközben sikeres eszközzé váltak.

Összességében elmondható, hogy a Bayraktar TB2-es UAV az azeri–örmény háborúban rendkívül fontos szerepet játszott, és a tevékenysége valóban meghatározó volt a kimenetel szempontjából. Az orosz–ukrán háborúban szintén fontos eszköz, de ott már megmutatkoztak a korlátai is. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy indokolatlanul túlértékelt lenne, hiszen a harcokban nyújtott teljesítménye alapján vált az ukrán háború egyik „főszereplőjévé”. A TB2-es nem csodafegyver, de az árához képest sokoldalúan és hatékonyan alkalmazható eszköz, amely jól demonstrálja a török hadiipar képességeit.

Hazánk már az 1990-es években foglalkozott közepes kategóriájú UAV fejlesztésével [52], de végül az elmúlt időszakban csak kevés számú külföldi típus került a Magyar Honvédség eszköztárába. Ugyanakkor a közelmúlt háborús tapasztalatai és a haderő jelenlegi fejlesztései kapcsán nem elképzelhetetlen, hogy az ilyen irányú ambíciók a Bayraktar TB2 UAV harcászati tapasztalatainak, képességeinek és konstrukciójának elemzése kapcsán új erőre kapnak hazánkban. Méhes Andrea őrnagy – prof. dr. Krajnc Zoltán ezredes konzulensi vezetésével – már 2014-ben kidolgozta egy lehetséges magyar UAV zászlóalj részletes állománytábláját. [53] UAV szervezeti elemek megjelenése ezred szintig bezárólag várható a jövőben a Magyar Honvédségben is. [54]



15. ábra. Az Akinci már a legnagyobb méretű felfegyverzett drónok közé tartozik, figyelemre méltó képességekkel [50]

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [36] D. SABAH, „Ukraine to buy 24 more Turkish Bayraktar TB2 UCAVs”, *Daily Sabah*, 2021. szeptember 12. <https://www.dailysabah.com/business/defense/ukraine-to-buy-24-more-turkish-bayraktar-tb2-ucavs> (Letöltve: 2023.02.22.);
- [37] „Ukraine receives Bayraktar TB2 UAVs”. <https://www.keymilitary.com/article/ukraine-receives-bayraktar-tb2-uavs> (Letöltve: 2022.12.12.);
- [38] „Ukraine Uses Bayraktar TB2 For First Time In Donbas”, *Warsaw Institute*, 2021. október 27. <https://warsawinstitute.org/ukraine-uses-bayraktar-tb2-first-time-donbas/> (Letöltve: 2022.10.23.);
- [39] P. Скоморохов, „If this is »Shahid«, then where is »Geran«?”, *Военное обозрение*. <https://en.topwar.ru/203129-esli-jeto-shahid-to-gde-geran.html> (Letöltve: 2022.10.23.);
- [40] „What Ukraine’s viral drone song says about modern day warfare and resistance”, *Media@LSE*, 2022. július 22. <https://blogs.lse.ac.uk/medialse/2022/07/22/what-ukraines-viral-drone-song-says-about-modern-day-warfare-and-resistance/> (Letöltve: 2022.10.23.);
- [41] K. Corcoran, „Ukraine credits Turkish drones with eviscerating Russian tanks and armor in their first use in a major conflict”, *Business Insider*. <https://www.businessinsider.com/ukraine-hypes-bayraktar-drone-as-videos-show-destroyed-russia-tanks-2022-2> (Letöltve: 2022.10.23.);
- [42] „Warsaw Institute | Think tank – geopolitics, energy security, international politics, reports and analyses concerning Russia.”, *Warsaw Institute*, 2015. november 28. <https://warsawinstitute.org/> (Letöltve: 2022.10.23.);
- [43] „Bayraktar drones destroy \$26.5M worth of Russian equipment in three days — Ukraine Army chief”. <https://www.ukrinform.net/rubric-ato/3563690-bayraktar-drones-destroy-265m-worth-of-russian-equipment-in-three-days-ukraine-army-chief.html> (Letöltve:2022.10.23.);
- [44] „Reports indicate that Bayraktar helped to attack Moskva”. <https://www.aerotime.aero/articles/30757-reports-indicate-that-bayraktar-helped-to-attack-moskva> (Letöltve: 2022.10.23.);
- [45] H. I. Sutton, „Incredible Success Of Ukraine’s Bayraktar TB2: The Ghost Of Snake Island”, *Naval News*, 2022. május 18. <https://www.navalnews.com/naval-news/2022/05/surprising-success-of-ukraines-bayraktar-tb2-the-ghost-of-snake-island/> (Letöltve: 2022.10.23.);
- [46] Forrás: „Baykar Bayraktar TB3”. https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=2461 (Letöltve: 2022.10.23.);
- [47] Ozberk, Tayfun: „Turkish Navy Welcomes Its New Flagship, TCG ANADOLU” *Naval News*, 2023.04.10. <https://www.navalnews.com/naval-news/2023/04/turkish-navy-welcomes-its-new-flagship-tcg-anadolu/> (Letöltve: 2023.4.13.);
- [48] „Baykar Bayraktar Kizilelma”, *Militaryfactory.com*, https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=2463, (Letöltve: 2023.4.13.);
- [49] „First flight for the future Turkish stealth combat drone Kizilelma”, *Air & Cosmos*, 2023.02.01, <https://aircosmosinternational.com/article/first-flight-for-the-future-turkish-stealth-combat-drone-kizilelma-3439>, (Letöltve: 2023.4.13.);
- [50] H. Haber, „Bayraktar Akinci’lar, Teknofest için Azerbaycan’da!”, *HavaHaber*, 2022. május 22. <https://havahaber.com/bayraktar-akincilar-teknofest-icin-azerbaycanda/> (Letöltve: 2022.10.23.);
- [51] *Jane’s All the World Aircraft: Unmanned Yearbook 2021-22*. London: Jane’s Group, 2022.;
- [52] Ráth T., Hennel S., és Hegedűs E. „A közepes kategóriájú magyar-cseh Szojka pilóta nélküli repülőgép fejlesztési programjának tapasztalatai”, *Katonai Logisztika*, köt. 30, sz. 1-2, o. 62-100, 2022, [HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2022-1-2-062](https://doi.org/10.30583/2022-1-2-062);
- [53] Méhes A., „Kis- és közepes hatótávolságú pilótanélküli légijármű rendszerek üzemeltetési lehetőségei, problémái Magyarországon”, *NKE*, 2014.;
- [54] Pölöskei J., „A képességalapú haderőtervezés”, *HSZ-HDR*, köt. 149, sz. 6, o. 36-46, nov. 2021, <https://doi.org/10.35926/HSZ.2021.6.3>.

JEGYZETEK

- 9 A partraszállási (deszant-) hadműveleteknél alkalmazott különleges felszereltségű hajó.
- 10 TCG: Türkiye Cumhuriyeti Gemisi – Turkish Republic Ship.
- 11 NATO Unmanned aerial systems classification AJP-3.3 pp. 4-15.; NATO STANDARD AJP-3.3 ALLIED JOINT DOCTRINE FOR AIR AND SPACE OPERATIONS Edition B Version 1, April 2016 https://www.coemed.org/files/stanags/01_AJP/AJP-3.3_EDB_V1_E_3700.pdf (Letöltve: 2023.1.31.).
- 12 MTOW: Maximum takeoff weight – maximális felszállótömeg.

Figure 1. Satellites are ever more exposed to malign interferences (Source: Shutterstock)



Doucha Lilla*

Threatened Security Provider – NATO's Opportunities and Challenges in Space

INTRODUCTION

The North Atlantic Treaty Organization (NATO) is rarely subject to scrutiny in matters of space security due to its only recently obtained status and limited role as a formal space actor. However, space as an operational enabler and enhancer has a paramount role in the core functions of the Alliance of 31 nations. Although this strategic significance is not mirrored by the number of space assets possessed by the international organization, recent developments in the attention devoted to the fifth operational domain highlight that the Alliance is cogently

preparing itself to remedy its vulnerabilities in the outer space. But what makes such a new and scarcely present actor one of the most exposed to malicious actions in the orbit?

As the New Strategic Concept notes, “maintaining secure use of and unfettered access to space and cyberspace are key to effective deterrence and defence.” [1] The first reference of a strategic concept to outer space's role in the transatlantic Alliance's core tasks underlines that while in recent decades NATO's role has increased in space, the outer space's strategic assessment has also advanced in NATO.

ABSTRACT: What makes NATO one of the most vulnerable space actors? This article elaborates on the threats the most prominent security provider of the Euro-Atlantic region, NATO encounters in the outer space domain. Such menaces to orbiting security providers are assessed by their potential to inflict significant impairment on NATO's core tasks. Following legal, normative, and military approaches are tested to highlight deterrence as a potential endeavor for addressing contemporary and future challenges in space.

KEY WORDS: NATO, 5th operational domain, space security, space deterrence, space assets

ÖSSZEFOGLALÁS: Mi teszi a NATO-t az egyik legtöbb fenyegetésnek kitétt szereplővé az űrben? Jelen írás célja azon fenyegetések bemutatása, amelyekkel az Euro-Atlanti régió legjelentősebb biztonságot nyújtó szervezete, az Észak-atlanti Szerződés Szervezete szembenéz a világűr műveleti szintjén. A keringő űreszközök fenyegetései a NATO alapvető feladatainak korlátozására való potenciáljuk alapján elemzésre és osztályzásra kerülnek. Ezt követően jogi, normatív, valamint katonai megoldások bemutatásán keresztül kerül bemutatásra az elrettentés, mint a jelenlegi és jövőbeli kihívásokra adható potenciálisan leghatékonyabb fellépés.

KULCSSZAVAK: NATO, ötödik műveleti szintér, űrbiztonság, űrelrettentés, űreszközök

* Research associate, Institute for American Studies, National University of Public Service. ORCID:0009-0008-5089-5371

The new political strategic document, which unconventionally followed the military doctrine of 2019 provided an apt snapshot of the Allinace's threat perceptions and security landscape but also retained the core tasks of NATO like collective defense, emergency response, cutting-edge defense capabilities, and cooperative security. [2] However, major changes occurred in the assessment of the international system as the continuation of the Crimean occupation turned into a war. The unpredictability and instability of the security environment incentivized Allies to recall deterrence and defense of the Cold War in an integrated way to the hybrid warfare. Thus, the New Strategic Concept reiterated the vitality of the 360 degree approach, namely that NATO needs to be able to respond to threats from all direction of the compass and in all operational domains – including space. [3]

Nevertheless, the change in the quality of space's strategic assessment did not transfer into an extensive capability procurement for the organization. As such, NATO does not possess and has no intention to acquire space capabilities of its own. [4][5] Nevertheless, Allies operate about 66% of all orbiting satellites which belong under the protective umbrella of the organization. [6] This vast growth of the number of Allied assets in orbit has altered the symmetry of space-faring actors and increased NATO's exposure to malicious actions.

The formal recognition of space as an operational domain, however, remained unmatched to the immense operational support and strategic advantage the Alliance derived from satellites until the watershed moment of the London Summit Declaration in 2019. In addition to highlighting the invaluable role of outer space in NATO's security, the document directed the attention of the Allies to the threats and challenges of operations beyond the atmosphere. The growing awareness that “the security of space assets will have a defining impact on future terrestrial conflicts” [7] was reflected in the upcoming years' resolutions, like the establishment of NATO's space center in Rammstein in 2020 [8], the extension to the Washington Treaty's collective defense clause to space at the Brussels Summit in 2021 [9], and the creation of the Space Centre of Excellence in Toulouse in 2023. [10]

Without the aim to bring national activities under a joint command and control, NATO's initiatives for defending assets in the 5th operational domain are currently materializing in the development of a Strategic Space Situational Awareness System (3SAS), additional secure communication service procurement, and the creation of a data repository of spacefaring NATO nations. [11] These innovations aim to improve the detection of hazards, maneuverability of satellites, and the reduction of asset vulnerability in an increasingly “congested, contested, and competitive” environment. [12] But are these initiatives appropriate measures to mitigate NATO's exposure to malign activities in space? Which threats have the most potential to inflict significant impairment on NATO's core tasks? The next overview provides a snapshot of anti-satellite (ASAT) weapons to compile an assessment of priorities Allied responses need to address.

A THREATENED SECURITY PROVIDER

“By the time the Cold War finally ended, the Soviet Union had carried out only 20 antisatellite tests, while the American total was just 33.” [13] This number spiked to 80 ASAT

tests and 4 protagonist actors by 2021 while international cooperation gradually declined. [14] Although the growing tensions have not yet resulted in any violent interstate encounters, power demonstrations' of the four major spacefaring states hallmark the race for competitive edge in space militarization. [15] As stressed by the New Strategic Concept, “strategic competitors and potential adversaries are investing in technologies that could restrict our access and freedom to operate in space, degrade our space capabilities, target our civilian and military infrastructure, impair our defence and harm our security” [16] Some of these threats have the potential to inflict significant damage on NATO's ability to deter and defend, therefore risks “that can impact the system's control, reliability, band-width availability, security, flexibility, or affordability” need to be carefully assessed. [17]

Existing counterspace technologies can be sorted into four categories based on the reversibility and nature of the attack;

	Reversible	Non-reversible
Non-Kinetic	Jamming Spoofing Meaconing	Electronic or cyber interferences degrading the control center
Kinetic	Dazzling Rendezvous and proximity operations	Direct-ascent weapons Interception Space mines

Figure 2. Categorization of anti-satellite (ASAT) weapons
(Edited by the author)

Non-kinetic, reversible actions aim to disable, deceive, disrupt, and deny information and services without leaving traces of the perpetrator. The capabilities used for such attacks are easily attainable and do not require high-level technological sophistication. Jamming, the generation of noise disturbing the signal, spoofing, alias false signalling, and meaconing, the retransmission of signals constitute the most common reversible “soft kill” strategies. As these attempts focus on the deprivation of NATO from real-time information, intelligence, surveillance, and reconnaissance (ISR) satellites, and civilian communication satellites (SATCOM) tend to be the most lucrative targets. [18] Moreover, the up and downlinks of positioning, navigation, and timing (PNT) satellites are also highly vulnerable for information disruption. Nevertheless, these attacks are considered the least harmful for the Alliance's assets as their impact is temporary, limited in scope, and the damage is often completely reversible.

Non-kinetic and non-reversible attacks, such as electronic and cyber interferences focus on permanently degrading the service provided by the satellite, and thereby account for significant concern for NATO. The impairment of control units by a breach of the asset's computer, or by an incoming directed energy beam causes irreversible damage and renders the satellite out of commission. Weather satellites, satellites of scientific use, and SATCOMs are particularly exposed to such assaults due to the high number of assets – including relay satellites providing data transfer – required for services, and their operational altitude's proximity to the Earth's surface. Although their degradation would not directly impact allied security, the cost of replacing the dead satellite could



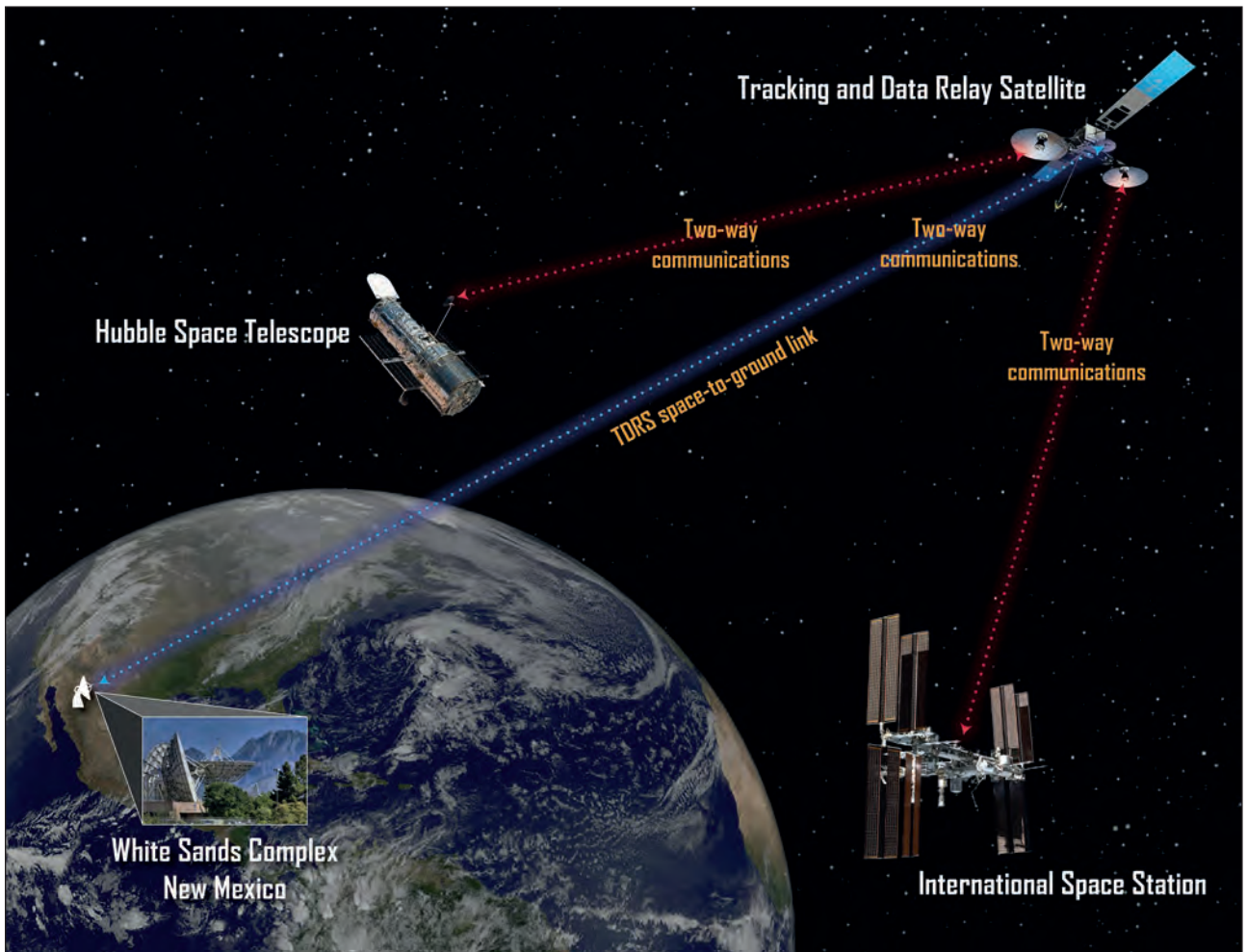


Figure 3. Relay satellites serve as up- and downlinks between larger satellites and ground stations for unfettered communication [19]

trigger the owner nation to seek retaliation against the perpetrator.

Reversible kinetic interferences aim to shorten the lifetime of satellites without rendering the asset defunct. Dazzling, the abuse of optical components by directed energy weapons intends to blind ISR and PNT capabilities, while rendezvous and proximity operations (RPOs), also referred to as co-orbital ASAT-s, coerce satellites to change their trajectory by altering their magnitude or velocity direction to avoid collision. Such maneuvers demand immense fuel consumption and force assets to either shorten, alter or abandon their mission. Such actions can result in significant loss of service, and consequently operational support with severe information reduction for the Alliance's command and control, blue-force tracking, missile detection, and battlefield positioning.

Non-reversible, kinetic attacks target the physical destruction or beyond repair degradation of satellites. Direct-ascent weapons are designed to crash into the targeted satellite, while pre-positioned space mines reach the same effect of erosion by blasting assets into pieces. Interceptors operate by a different logic, as they are capable of repositioning a satellite into a graveyard orbit and thereby dooming it for peril. Low density, high value satellites like assets of the satellite early warning systems (SEWS), military satellite communication (MILSATCOM), and ISR are the most exposed to such detrimental assaults

as they result in enormous disruption to missile warning, secure communication, emergency plan execution, and implementation of military operations. Moreover, the debris of destroyed satellites remain in orbit and start to pose indiscriminate threat of collision for every orbiting object. Due to this double-effect, non-reversible kinetic attacks have the highest potential to inflict damage on allied nations and NATO itself.

The assessment of threats to NATO's security provider satellites highlighted that non-reversible attacks – kinetic or otherwise – pose the biggest challenge for the Alliance. Moreover, these assaults do not only rank the highest on potential for causing significant damage, but also on the number of asset types threatened. All listed types of assets are exposed to non-reversible actions with the exception of PNT satellites. Such deviation occurs "as PNT satellites tend to be high-value but also high-density assets, the physical destruction of individual properties yields no additional gains for the adversary than temporarily disabling their services. Moreover, restricting the operational benefits they provide to NATO nations bears less risk of retaliation than the destruction of a satellite as the causes of non-functioning can be various and hardly attributed." [20]

As almost all satellites are lucrative targets for the Alliance's challengers, NATO is pressured to find adept responses to space threats. Legal and normative frameworks, or military solutions need to be weighted

	Weather & sats of scientific use	SEWS	PNT	SATCOM	MILSATCOM	ISR
Non-kinetic, Reversible			X	X		X
Non-kinetic, Non-reversible	X			X		
Kinetic, Reversible			X			X
Kinetic, Non-reversible		X			X	X

Figure 4. Exposure of various satellites to attacks categorized according to reversibility and nature (Edited by the author)

against their ability to mitigate the vulnerabilities in space and to determine the best course of action the Alliance can rely on to provide protection for its assets.

REDUCING VULNERABILITY

Back in the age of the first space race legal regulations were seen as a panacea for the peaceful use of outer space. But the heyday of United Nations treaties ruling actions of spacefaring nations was over just after five binding resolutions. Only one of these, the Outer Space Treaty (OST) is addressing international peace and security by prohibiting the deployment or stationing of “nuclear weapons or any other kinds of weapons of mass destruction.” [21] “A major problem of the treaty, however, is its lack of enforcement mechanism and no defined threshold for what constitutes a violation that sometimes give way to infringements.” [22] As OST fails to be an effective instrument for security, and attempts of the last decades have failed to conclude a binding agreement on military uses of space, the legal framework alone is yet unsuitable to limit the vulnerability of NATO’s assets.

Efforts to increase space security also extended to the establishment of norms of responsible behavior, however, their collision with major spacefaring nations’ interests prevented them from settling into practice. Unless the conflict of preferences is resolved, norms of behavior remain confined to the only area where unanimity could be achieved; the prevention of intentional space debris generation.

Due to the lack of alternatives, military solutions tend to be the only viable options for NATO to safeguard its allies’ satellites. Deterrence, the strategy of “discouraging the enemy from taking military action by posing for him a prospect of cost and risk outweighing his prospective gains” is a preferable nexus of abiding international law, refraining from debris creation, and lowering the risk of assault on allied satellites. Both sub-types, deterrence by denial – the ability to deny the adversary’s benefits reaped from an attack by withstanding its ramifications – and deterrence by punishment – the modification of the cost-benefit calculus by a threat of reprisal associated with costs exceeding the benefits of the former attack are promising endeavors.

The implementation of these strategies bears both political and technical ramifications for NATO and in light of the heavy dependency on allied actions and capabilities, for all 31 member states. On the political level the Alliance has an essential role in bridging the gaps between members’ threat perception of malign behavior in space, like the Chinese capability build-up, the Russian

investments into ASAT technology, and non-state actor activities. A collective assessment of menaces in space would allow Allies to rely on deterrence by punishment’s threats in a more reliable and expectable manner. Moreover, strategic and operational level engagement with the Directorate General for Defence Industry and Space (DG DEFIS) and the EU Agency for the Space Programme (EUSPA) could support European allies in avoiding double standards and overlapping mandates.

On the technical level to efficiently use deterrence by denial, spacefaring nations need to invest into resilient satellites equipped to secure services in times of interference while documenting the radiation, signal, or magnetic intrusion. Facilitating trust building processes between the United States and European allies, with spacefaring-aspirant Partnership for Peace and partner nations, and private-public joint ventures for knowledge sharing and information transmission about space situational awareness, threat identification, attribution, and delicate situations like rendezvous and proximity operations is a core function NATO needs to find a way to fulfil. Deterrence by punishment, on the other hand, requires a clear and credible signalling about the potential consequences of an attack on space assets. As the nature of the environment and the generation of space debris heavily limits the credibility of an in-domain reprisal, the Alliance has to fall back on cross-domain operations targeting the adversary’s essential infrastructure.

This reliance on deterrence in space underlines that the fifth operational domain is heavily integrated into cross-domain operations, and any response to incidents in space may take place by other means. As such, further inquiries in the applicability and limits of NATO’s cross-domain deterrence in space are expected to yield new academic contributions and public policy benefits. As noted in the Strategic Concept, “NATO’s deterrence and defence posture is based on an appropriate mix of nuclear, conventional and missile defence capabilities, complemented by space and cyber capabilities.” [1] As such, space has become a warfighting theatre where NATO is increasingly exposed to attacks through allied space assets belonging under the collective defense clause.

CONCLUSION

So what makes NATO one of the most vulnerable space actors? It is the organization’s strong reliance on services provided by allied satellites, and the number of orbiting objects serving as a lucrative target for aggressors. Thus, to navigate “the space race we are living in,” [23] NATO



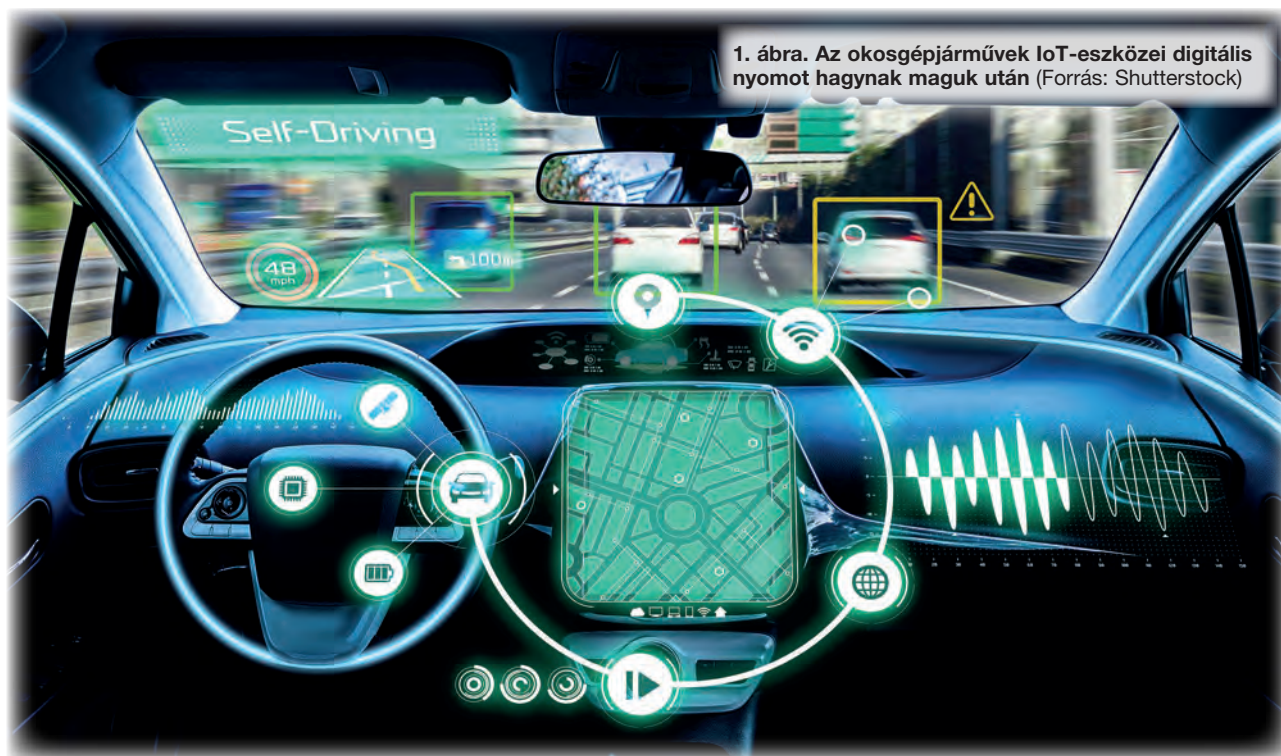
needs to be able to credibly deter aggressors from non-reversibly assaulting allied satellites. However, as currently only the United States, Germany, France, and Italy have the capabilities to issue threats to potential attackers, NATO either needs to establish a strategy for implementing the concept of cross-domain deterrence in relation to space operations, or has to encourage allies with minor or no direct access to the outer space to invest into dual-use capabilities for self-defense purposes. In any case, in the upcoming decades NATO's ability to deter aggression in space will play an essential role in ensuring "the collective defence and security of all Allies." [1]

REFERENCES

- [1] North Atlantic Treaty Organization. "Strategic Concept." Jun. 29. 2022. https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2022/6/pdf/290622-strategic-concept.pdf (Accessed 3.5.2023);
- [2] Siposné Kecskeméthy, Klára. „A NATO 2030 jelentés-Stratégiai prioritások új megközelítésben.” *Honvédségi Szemle* 149, no. 4 (2021): 3-16. <https://doi.org/10.35926/HSZ.2021.4.1>;
- [3] Szenes, Zoltán. „Felkészülés a háborúra? A NATO új stratégiai koncepciójának értékelése= Preparing for War? Assessing the New NATO Strategic Concept.” *KKI Elemzések* 41 (2022): 1-16;
- [4] North Atlantic Treaty Organization. "NATO's Approach to Space." *North Atlantic Treaty Organization*. Dec. 2. 2021. https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_175419.htm (Accessed 3.5.2023);
- [5] Currently 8 secure communication satellites are affiliated to NATO N2YO.com. "Satellites by Countries and Organizations." *N2YO.com*. Jan 31. 2023. <https://www.n2yo.com/satellites/?c=NATO&t=country> (Accessed 3.5.2023);
- [6] N2YO.com. "Satellites by Countries and Organizations." *N2YO.com*. Jan. 28, 2023. <https://www.n2yo.com/satellites/?c=&t=country> (Accessed 3.5.2023);
- [7] Joint Air Power Competence Centre. "Collective Defence in the Space Domain." *Viewpoints* 34. 2022. https://www.japcc.org/wp-content/uploads/JAPCC_J34_Art-10_screen.pdf (Accessed 3.5.2023);
- [8] North Atlantic Treaty Organization. "NATO Defence Ministers take decisions to strengthen our security." *North Atlantic Treaty Organization*. Oct. 23. 2020. https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_178962.htm (Accessed 3.5.2023);
- [9] North Atlantic Treaty Organization. "Brussels Summit Communiqué." *North Atlantic Treaty Organization*. Jun.14. 2021. https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_185000.htm (Accessed 3.5.2023);
- [10] Chapeux, Thierry. "The New NATO Space Centre of Excellence." *Joint Air Power Competence Centre*. Aug. 2022. <https://www.japcc.org/online-feature/the-new-nato-space-centre-of-excellence/> (Accessed 3.5.2023);
- [11] North Atlantic Treaty Organization. "NATO and Luxembourg boost Alliance Space Situational Awareness." *North Atlantic Treaty Organization*. Jun. 14. 2021. https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_185365.htm (Accessed 3.5.2023);
- [12] Harrison, Roger G. "Unpacking the Three C's: Congested, Competitive, and Contested Space." *Astropolitics* 11, no. 3 (2013): 123-131. <https://doi.org/10.1080/14777622.2013.838820>;
- [13] Krepon, Michael. "Lost in Space: the Misguided Drive Toward Antisatellite Weapons." *Foreign Affairs May/June 2001*. <https://www.foreignaffairs.com/articles/space/2001-05-01/lost-space-misguided-drive-toward-antisatellite-weapons> (Accessed 3.5.2023) <https://doi.org/10.2307/20050146>;
- [14] Secure World Foundation. "Anti-Satellite Weapons." <https://swfound.org/media/207392/swf-asat-testing-infographic-may2022.pdf>, the discontinuation of the ISS cooperation after the end of the station's life cycle (Accessed 3.5.2023);
- [15] Sevastopulo, Demetri and Kathrin Hille. "China tests new space capability with hypersonic missile." Oct. 16, 2021. <https://www.ft.com/content/ba0a3cde-719b-4040-93cb-a486e1f843fb> (Accessed 3.5.2023);
- [16] North Atlantic Treaty Organization. "Strategic Concept." Jun. 29. 2022. https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2022/6/pdf/290622-strategic-concept.pdf (Accessed 3.5.2023);
- [17] Joint Air Power Competence Centre. "Collective Defence in the Space Domain." *Viewpoints* 34. 2022. https://www.japcc.org/wp-content/uploads/JAPCC_J34_Art-10_screen.pdf (Accessed 3.5.2023);
- [18] Military communication satellites are protected against cyber interferences, and equipped with anti-jamming capabilities. Tillier, Louis. "Telecommunications for Defense." In Handbook of space security edited by Schrogl, Kai-Uwe, Peter L. Hays, Jana Robinson, Denis Moura, and Christina Giannopapa. 581-594. Springer Reference, 2015.
- [19] NASA. "What is a relay satellite?" NASA. Sep. 5, 2018. https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/outreach/funfacts/txt_relay_satellite.html (Accessed 29.05.2023);
- [20] Doucha Lilla. "NATO's Space Deterrence Dilemma." *NATO Science and Technology Organization*. 2022. <https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Meeting%20Proceedings/STO-MP-SET-SCI-297/MP-SET-SCI-297-08.pdf> (Accessed 3.5.2023);
- [21] United Nations General Assembly. Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies. Dec. 16, 1966. <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/outerspacetreaty.html> (Accessed 3.5.2023);
- [22] Ishola, Feyisola Ruth, Oluwabusola Fadipe, and Olaoluwa Colin Taiwo. "Legal Enforceability of International Space Laws: An Appraisal of 1967 Outer Space Treaty." *New Space* 9, no. 1 (2021): 33-37. <https://doi.org/10.1089/space.2020.0038>;
- [23] The Economist. "Starlink's performance in Ukraine has ignited a new space race." Jan. 5, 2023. https://www.economist.com/leaders/2023/01/05/starlinks-performance-in-ukraine-has-ignited-a-new-space-race?utm_medium=social-media.content.np&utm_source=linkedin&utm_campaign=editorial-social&utm_content=discovery.content (Accessed 3.5.2023).

JEGYZETEK

1 Like the case of Kosmos 1408.



1. ábra. Az okosgépjárművek IoT-eszközei digitális nyomot hagynak maguk után (Forrás: Shutterstock)

Répás József* – Pogány Viktor**

IoT forensics módszertan alkalmazásának vizsgálata magas automatizáltságú járművek szakértői vizsgálatában

BEVEZETÉS

A katonai és polgári közlekedési eszközökkel kapcsolatos baleseteket követő, utólagos igazságügyi szakértői vizsgálatok (digital forensics – digitális igazságügyi szakértői vizsgálat) egyik célja annak megállapítása, hogy mikor, hol és milyen körülmények között történt az esemény. Fontos továbbá az eseménysor pontos idővonalának összeállítása, továbbá hiteles bizonyíték szolgáltatása. Jelen tanulmány célja a digitális forensics egyik területének, az IoT forensics vizsgálatának megállapítása érdekében, hogy mely lépései vagy eljárásai alkalmazhatók a modern és egyre inkább önzetűvé váló járművek szakértői vizsgálatában.

rukciója. A vizsgálat során meg kell állapítani az esemény kiváltó okát és felelősségi körét, vagyis kinek az érintettségével és közreműködésével történt az esemény. Mindezekről hiteles bizonyítékot kell szolgáltatni, amely jogi eljárásban képes megválaszolni a vizsgálat célja szerinti kérdéseket.

Életünk számtalan feladatának elvégzéséhez használunk valamilyen digitális eszközt (például mobiltelefont, táblagépet, számítógépet). Az IoT (Internet of Things – dolgok in-

ÖSSZEFOGLALÁS: A közlekedési balesetekkel kapcsolatos, utólagos igazságügyi szakértői vizsgálatok (digital forensics vizsgálat) egyik célja annak megállapítása, hogy mikor, hol és milyen körülmények között történt az esemény. Fontos továbbá az eseménysor pontos idővonalának összeállítása, továbbá hiteles bizonyíték szolgáltatása. Jelen tanulmány célja a digitális forensics egyik területének, az IoT forensics vizsgálatának megállapítása érdekében, hogy mely lépései vagy eljárásai alkalmazhatók a modern és egyre inkább önzetűvé váló járművek szakértői vizsgálatában.

KULCSSZAVAK: autonóm járművek, önzetű autó, szakértői vizsgálat, IoT, IoT forensics

ABSTRACT: One of the objectives of subsequent forensic expert examinations (digital forensics examination) related to transport vehicles is to establish the circumstances under which the investigated event occurred, when and where it occurred, as well as compiling its exact timeline, as well as providing credible evidence. The purpose of this study is to examine one of the areas of digital forensics, IoT forensics, to determine which steps or procedures can be used during the expert examination of modern and increasingly self-driving vehicles.

KEY WORDS: autonomous vehicles, self-driving car, digital forensics, IoT, IoT forensics

* PhD, NKE Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz. ORCID: 0000-0002-1186-4731

** Alverad Technology Focus Kft ORCID: 0000-0002-6078-7859





2. ábra. IoT-ökoszisztémák szemléltetése (Forrás: Shutterstock)

ternete / kapcsolódó eszközök kollektív hálózata) ökoszisztémák egyre nagyobb teret nyernek például a közlekedésben, a biztonság területén, a katonai alkalmazásban és az iparban egyaránt. Az IoT-eszközök használata egyre kevésbé lesz megkerülhető feladataink elvégzéséhez. Járműveink is egyre inkább digitalizált eszközökké válnak annak köszönhetően, hogy egyre nagyobb igény mutatkozik a biztonságosabb, költséghatékony, lehetőségekben és flexibilitásban gazdag megoldásokra.

A különböző vezetéstámogató rendszerek alkalmazása miatt lépésenként szorul vissza a járművezető szerepe, akinek az automatizáltsági szintek növekedésével egyre kevesebb feladata és lehetősége lesz a közvetlen irányításra és beavatkozásra. Az egyre magasabb automatizáltsági szintű, egyre inkább önvezetővé váló járművek kamerákkal és szenzorokkal térképezik fel környezetüket. Az érzékelők adatainak, valamint a jármű által generált adatok átviteléhez és feldolgozásához (a járművön belül és azon kívül egyaránt) összetett kommunikációs hálózat és nagy számítási teljesítmény szükséges. Az új eszközök és kapcsolatok, a szoftverorientált járműgyártás, a felhőalapú megoldások a közlekedési ökoszisztémában történő elterjedése új támadási irányok megjelenését is eredményezik. A jelenlegi szabályzók értelmében a gyártók és szoftverfejlesztők felelőssége a járművek közlekedés- és kiberbiztonsági kockázatainak kezelése, azonban előre nem látható események, szoftver-sérülékenységekből eredő balesetek a jövőben is előfordulhatnak. Ezeket utólagos szakértői vizsgálatok során vizsgálni kell. A vizsgálatok elvégzéséhez megfelelő eszközök, módszerek, képességek és tudáslemek szükségesek mind a polgári és nemzetbiztonsági szakértői intézetek, mind a katonai alkalmazás területén. [30]

Járműveink – más digitális eszközeink használatához hasonlóan – digitális nyomot hagynak maguk után. Ezek a nyomok – amelyek az egyre komplexebbé váló, magas automatizáltságú járművek esetén már szinte kivétel nélkül digitális formában jelennek meg, bináris formában tárolódnak és továbbíthatódnak – [22][26][29], bizonyítékként felhasználhatók egy igazságügyi szakértői vizsgálat során. Megállapíthatóvá válhat például, hogy a járművezető mit tett, mikor és hol volt, kivel találkozott. Napjaink járművei is jóval több adatot tárolnak rólunk, mint amennyit egy átlagos felhasználó gondolna. Az ilyen adatok köre a jövőben tovább szélesedik, így hasznos bemenetet jelent majd a szakértői vizsgálat során az adatok elemzéséhez, a nyomok értelmezéséhez.

A digitális információk járművekből történő begyűjtése, új kihívás elé állítja a (katonai) nyomozati és igazságszolgáltatási tevékenységeket támogató, digitális forenzikus

vizsgálatot végző szakértőket. A közlekedési ökoszisztémában alkalmazott összetett informatikai és infokommunikációs rendszerek miatt, valamint a járművek által gyűjtött és feldolgozott adatmennyiség közel exponenciális növekedésének eredményeként, a már meglévő szakértői vizsgálati eljárások nem, vagy csak korlátozott módon lesznek alkalmazhatók.

A meglévő digitális forenzikus eszközök és technikák részben vagy egészben felfedhetik a járművekben megtalálható adatokat. Szükséges azonban annak előzetes vizsgálata, hogy mely eszközök és technikák, milyen feladatok elvégzésére, mely adatokhoz való hozzáférés biztosítására alkalmasak, továbbá az egyes eljárásoknak milyen korlátai vannak. Mint minden módszernek, a digitális szakértői vizsgálatoknak is megvannak a maga korlátai „a releváns múlt megismerése sokszor szinte leküzdhetetlen akadályokba ütközhet, és mindig fennáll a tévedés veszélye is” [12], ennek megértése fontos a módszerek alkalmazásához és a vizsgálatok elvégzéséhez.

Nem létezik egyetlen olyan technika, amely a digital forensics egyetemes technikájának tekinthető. Technikák ezrei állnak rendelkezésre, amelyek a szakértői vizsgálat során használhatók, így a vizsgálatoknak számos egymástól eltérő, mégis hasznos modellje létezik. Jelen tanulmány célja a digitális igazságügyi szakértői egyik területének, az IoT forensics-nek a vizsgálata, annak megállapítására, hogy annak mely lépései, vagy eljárásai alkalmazhatók a modern és egyre inkább önvezetővé váló járművek szakértői vizsgálata során. [7][22][26][29]

Az IoT FORENZIKUS VIZSGÁLAT

Az IoT-eszközök csoportjába minden olyan eszköz, érzékelő, objektum beletartozik, amelyek emberi beavatkozás nélkül képesek kommunikálni egymással, céljuk az információ begyűjtése és szolgáltatása. Internetcsatlakozáson keresztül (vagy valamilyen szeparált hálózatban) képesek különböző sztenderdizált kommunikációval megosztani az adatokat, autonóm módon interakciókat folytatnak egymással, a felhasználóval, a központi rendszerrel, felhővel stb. Az IoT megjelenése az emberek, a szolgáltatások, az érzékelők és a tárgyak átfogó kapcsolatához vezetett. [23] A mára már több milliárd eszközt magában foglaló IoT-ökoszisztéma bővülése, a járművekben történő megjelenése és elterjedése hatalmas mennyiségű adatot generál, amely új kihívást jelent a forensics szakértők számára. Az International Data Corporation (IDC) 2019-es jelentésében úgy becsülte, hogy a csatlakoztatott IoT-eszközök 2025-ig megközelítőleg 79 zettabájtnyi (10^{21} bájt) adatot generálnak. Ezek egy része a magas automatizáltságú járművek adatai lesznek, amelyek potenciális bizonyítékként szolgálhatnak a szakértői vizsgálatok során. [15][16]

Az IoT-eszközök katonai területen is megjelennek, nemzetközi vonatkozásban az alábbi felhasználási területeken töltenek be nagy szerepet:

- a katonai teljesítmény nyomon követése;
- a katonák egészségügyi felügyelete;
- a pilóta nélküli rendszerek elterjedése;
- a populáció nyomon követése;
- a logisztikai feladatok hatékonyabb elvégzése;
- a műveleti döntések meghozatalához szükséges nagy mennyiségű adat biztosítása;
- a katonai objektumok és kritikus infrastruktúrák védelmét elősegítő megoldások bevezetése. [34]

Az IoT-eszközök új biztonsági és forenzikus vizsgálati problémákat is felvetnek, mind polgári, mind katonai szem-

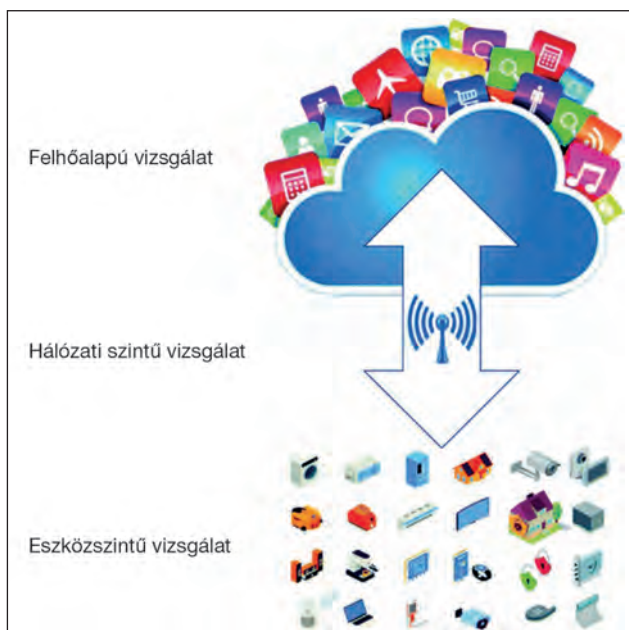
pontból. Az egymással kommunikáló nagyszámú eszköz, sok esetben nem megfelelő biztonsági intézkedések mellett működik. Az érzékeny adatok egyre nagyobb részét teszik ki az általuk generált hálózati adatforgalomnak, ezáltal egyre népszerűbb célpontjai a különféle kibertámadásoknak, ami adott esetben nemzetbiztonsági kockázatot is jelenthet. Az IoT-eszközök heterogén természete és a szabványok hiánya megnehezíti a klasszikus digitális forensics eljárások átvételét.

Az intelligens járművek tényérésének alapvető elemei az IoT- és a különböző kiberfizikai eszközök, szenzorok, környezetek, amelyek utólagos igazságügyi szakértői vizsgálata nélkülözhetetlen eleme az események rekonstrukciójának. Az IoT forensics célja az IoT-vel kapcsolatos események, az internetes csatlakozással rendelkező eszközök, szenzorok által előállított, továbbított és tárolt adatok forrásainak megállapítása, az adatok azonosítása, begyűjtése, vizsgálata. Az IoT forensics terület magában foglalja a különböző IoT-eszközökből származó digitális bizonyítékok széles skálájának megszerzését, megőrzését és elemzését, a kapcsolódó alkalmazásokat, az internetet és a felhő alapú technológiát, magukat az eszközöket és más kapcsolódó rendszereket, amelyek az IoT-ökoszisztéma (polgári vagy katonai) részeként működhetnek. [8][9][17][31]

A szakértői vizsgálatokban a „vizsgálat” szó „nem egy jogilag szabályozott eljárási formát, hanem az ismeretszerzés egy módszerét jelenti”. [10] Ennek során a fő cél, az egyes eseményekhez, bűncselekményhez vagy balesethez kapcsolódó kulcsfontosságú bizonyítékok azonosítása, elemzése, utólagos vizsgálata. Meg kell állapítani a felelősségi kérdéseket, hogy mi, mikor, hol, hogyan történt és ki volt érintett, valamint a megtörtént események igazolása is szükséges. IoT-eszközök (például szenzorok, szenzorhálózatok), rendszerek (például digitális eszközökkel felszerelt vagy önvezető járművek) vizsgálata esetén is érvényesek ezen célok és elvárások. Az IoT területén három vizsgálati szintet (3. ábra) különböztetünk meg:

- eszközszintű vizsgálat,
- hálózati szintű vizsgálat,
- felhőalapú szakértői vizsgálat. [16]

3. ábra. Az IoT szakértői vizsgálat három szintje
(A szerző szerkesztése [35] alapján)



Az ENISA (European Network and Information Security Agency – Európai Uniósi Hálózat- és Információbiztonsági Ügynökség) az IoT-ben szereplő (things) dolgokat olyan fizikai vagy virtuális tárgyként, eszközként definiálja, amelyek kommunikációs hálózatokba integrálhatók, és képességeiktől, kapacitásuktól függően, különböző funkciókat biztosítanak. Ilyen funkció lehet a teljesség igénye nélkül az adatok érzékelése és rögzítése, továbbítása, tárolása és feldolgozása, vagy valamilyen beavatkozási művelet végrehajtása, illetve alkalmazások futtatása vagy a gépi tanulás.

Eszközsztintű vizsgálatok esetén, elsődleges bizonyíték forrásként maga az IoT-eszköz szerepel. Az IoT-eszközök szakértői vizsgálatba számos eszköz bevonható, például érzékelők, egészségügyi implantátumok, nyomkövető eszközök, intelligens mérők, okos háztartási készülékek, okoskamerák, hálózatba kapcsolt járművek és drónok. Mivel az eszközök hardverükben és funkcióikban különböznek egymástól, a bizonyítékok azonosítása és megszerzése gyakran nagy kihívást jelent, és nem mindig kivitelezhető. [18]

Hálózati szintű vizsgálatok esetén az IoT-eszközöket egymással összekötő különféle kommunikációs hálózatok eseményeinek vizsgálata történik. Ez a hálózati forgalom, az információk és események begyűjtése, rögzítése és elemzése annak érdekében, hogy egy hálózat elleni támadás forrása megállapítható legyen, és sor kerülhessen egy behatolás észlelésére, illetve vizsgálatára. [1][2][5][24]

A felhőalapú megoldások elterjedésével digitális átalakulás történik. Mivel az IoT-eszközök korlátozott adattárolási és feldolgozási képességekkel rendelkeznek, az általuk generált adatokat vagy azok egy részét továbbítják egy felhőszolgáltatáshoz további feldolgozás és tárolás céljából, így a felhő a szakértői vizsgálati folyamat egyik fő részévé válik. A szoftverektől kezdve a különböző platformokon át, az infrastruktúráig egyre több mindent veszünk igénybe szolgáltatásként, nem kivétel ez alól a járműipar sem. Napjainkban a személyes és vállalati adatok több, mint felét valamilyen felhőalapú megoldásban tárolják. Ezen rendszerek, megoldások esetén is szükségessé válhat az események utólagos elemzése, vizsgálata. Definíció szerint a Cloud forensics, vagyis felhő alapú rendszerek szakértői vizsgálata a digital forensics alkalmazása felhőkörnyezetekben, ahol virtuális szerverek és hálózatok, „vékony” és „vastag” kliensek¹, távoli elérések stb. vizsgálata történik a szükséges bizonyítékokhoz történő hozzáférés érdekében. Mind a felhőszolgáltató, mind a szolgáltatást igénybe vevő, mind a közvetítő oldaláról szükséges lehet valamilyen információ a vizsgálatok végrehajtásához, azonban a határvonalak összemosódhatnak azzal kapcsolatban, hogy a feltárt bizonyíték kihez tartozik. A szolgáltatások típusai határozzák meg, hogy milyen szabályok érvényesek, amelyek szervezeti, technikai – az adatok a helyszínen kívül több helyen, vagy egy harmadik fél tulajdonában lévő szerveren is tárolásra kerülhetnek – és jogi problémákat is felvetnek, továbbá a többes joghatóság kérdésének kezelését is jelentheti. Jelen tanulmány nem tér ki részletesen a hálózat vizsgálatára és cloud forensics (felhő alapú rendszerek vizsgálata) eljárásokra, ezek további kutatási feladatok részét képezik [4][13][16][20][21][25][32].

IoT FORENSICS FOLYAMATA

Az IoT-eszközök vizsgálata során is elsődleges a digitális bizonyítékok, elektronikus adatok időben történő kinyerése és megőrzése, amely nagy kihívást jelent a szakértők számára, mert ezeket az eszközöket passzív és autonóm mű-





4. ábra. Az IoT forensics folyamat fázisai (A szerző szerkesztése)

kódésre tervezték. Amikor egy IoT-eszközt releváns adatforrásként azonosítanak a vizsgálati folyamat során, nincs dokumentált módszer vagy megbízható eljárás az eszközön megtalálható bizonyítékok megfelelő összegyűjtésére. Ezek hiányában a digitális forensics módszereket az IoT speciális online karakterisztikájához, lehetőségeihez és igényeihez illesztik. A szakértői vizsgálat IoT környezetben is csak valamilyen törvényes felhatalmazás alapján kezdődhet meg. (4. ábra)

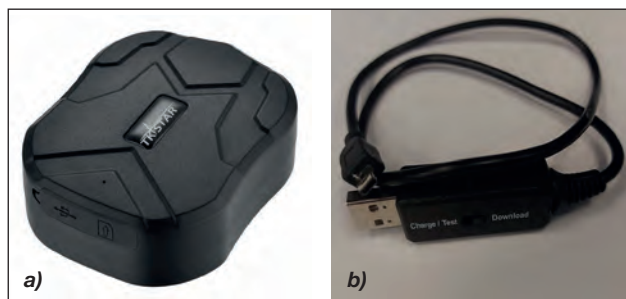
Az IoT-KÖRNYEZET FELTÉRKÉPEZÉSE

Első lépés a vizsgálandó IoT-környezet feltérképezése, amely a vizsgálat céljának megfelelő bizonyítékokat tartalmazza (bizonyítékok azonosítása). Ebben a fázisban megismerhetők például a hálózatban található eszközök, a felhasznált hardverek és szoftverek típusai, az operációs rendszer, valamint a digitális bizonyítékok típusa és mennyisége, azok tárolási módja (helyi vagy távoli), a felhasználók biztonsági szintje, és az esetlegesen alkalmazott anti-forensics megoldások.

BIZONYÍTÉKOK AZONOSÍTÁSA ÉS GYŰJTÉSE

A vizsgálat sikeres elvégzéséhez kapcsolódóan az adatgyűjtési lépéseknek annyi információ azonosítását és összegyűjtését kell biztosítani, amennyi csak lehetséges az adott IoT-környezetben. Továbbá biztosítani kell a megszerzett adatok integritását, és stabil forrást kell biztosítani az adatok elemzéséhez. Adatgyűjtés alatt a vizsgált esemény körülményeinek, az érintett személyek tevékenységének, hollétének és személyi körülményeinek tisztázását értjük. Idetartozik minden olyan tevékenység, amely formális eljárásjogi keretek között, a meglévő ismeretek bővítésére törekszik. [11]

A lehetséges bizonyítékok összegyűjtése magában foglalhatja az IoT-ökoszisztéma különböző rétegeinek vizsgálatát. Az interfész rétegben nyílik lehetőség a különböző API-k (application programming interface – alkalmazásprogramozási felület) vizsgálatára, a tartalmak visszakeresésére, a hozzáférésekhez kapcsolódó információk, nyomok keresésére (digitális ujjlenyomatok, vagy egyéb felhasználói hozzáférések). Azonosíthatóvá válhatnak potenciális gyanúsítottak, egyéb érintettek a biometrikus bizonyítékok, vagy személyes login információk segítségével. A szolgáltatási rétegben található az azonosított szolgáltatásokra, forgalomra és a felhasználókra vonatkozó információk, például SLA (service level agreement – szolgáltatásiszint-megállapodás). A hálózati rétegben az eszközök, adatforrások internet-, illetve felhő használatára vonatkozó információk találhatóak. Forrás és cél IP-címek, adatfolyam, közösségi médiahasználat, kártékony alkalmazások részletei állapíthatók meg az eseménynapló állományok gyűjtése és elemzése alapján. Az érzékelő rétegben található az IoT-rendszer fentebb tárgyalt



5. ábra. GPS nyomkövető készülék a) és a vizsgálatához szükséges adatletöltő kábel b) (Forrás: [14], a jobb oldali kép a szerző felvétele)

dologi, vagyis eszköz része. Idetartoznak a szenzorok, az okoselemek és a csatlakoztatott médiaeszközök. Az IoT-hardver cache-ben vagy a memóriában található adatának elemzése után meghatározhatják például az eszköz használati helyét is. [28]

A digitális adatok kinyerésének alapvető technikája a vizsgálandó adatokról történő másolat készítése. Az IoT-eszközök esetén ez a módszer az adattároló képességgel rendelkező eszközök adattartalmának megszerzését jelenti. Az egyik legegyszerűbb módja ennek a logikai adatgyűjtés, ami az eszközön található minden digitális nyom közvetlen kinyerését jelenti magáról az eszközről; valamilyen szabványos csatornán (például USB-csatlakozás), speciális kábel segítségével. Az 5. ábrán látható GPS-nyomkövető eszköz vizsgálatához szükséges USB csatlakozókábel segítségével nyílik lehetőség.

Szelektív adatgyűjtés esetén a támogatott digitális adatoknak csak egy részét nyerik ki az eszközről, célzott módon, a vizsgálat célja szerinti adatok letöltése történik meg.

Az IoT-eszközök széles köre miatt eltérő fájlrendszer-szerkezetek és tartalmak is előfordulhatnak, a vizsgálat elvégzéséhez szükség lehet az eszköz fájlrendszerének kinyerésére is. Ez lehetővé teszi a felhasználó számára látható összes adat megszerzését.

Fizikai adatgyűjtés esetén az IoT-eszköz fizikai tárolójáról készül teljes másolat. Ez a módszer több komponensből álló, komplex eszközök esetén fizikai beavatkozást jelent, például a memóriacsip eltávolítását (chip-off) vagy a memóriacsipek közvetlen elérésére szolgáló JTAG²-pontokon keresztül, vagy UART³ segítségével. A JTAG módszer a legteljesebb, lehetővé teszi a korábban törölt adatok helyreállítását is.

Az IoT-eszközök mobil kommunikációjának megvalósítását egy szolgáltatói SIM-kártya segítségével valósítják meg, így a kártya adatai is hozzájárulhatnak a vizsgálat sikeréhez.

Távoli adatgyűjtés az egyik legerjedtebb megoldás az IoT-eszközök és -rendszerek esetén, figyelembe véve, hogy az eszközök földrajzilag jól elkülönített módon helyezkedhetnek el. A hálózaton keresztül történő hozzáférés esetén, az eszköz összes adatának elérése nem minden esetben valósítható meg, hasonlóképpen az írásblokkoláshoz. [7]

Az IoT-környezet és az adatok feltérképezése után az általános digitális forensics módszertan szerinti lépések következnek, az IoT sajátosságait és elemeit figyelemmel kísérvé. [31]

BESZERZETT ADATOK ELEMZÉSE

Az adatok kinyerése után, azok elemzése a szakértői vizsgálat következő lépése. A számítógépes környezetek forensics vizsgálata esetén ez nagyrészt valamilyen inter-

aktív eszközzel történik, amely felismeri és elemzi az adatok struktúráját, és a metaadatokat. IoT-ökoszisztémára vonatkozóan ilyen megoldások nem, vagy csak korlátozott módon és bizonyos feltételekkel alkalmazhatók. A kinyert adatok azonosításának és kibontásának célja a vizsgált esemény idővonalának megalkotása (releváns adatok azonosítása és megkeresése), amely hozzájárul a vizsgálat során felmerülő kérdések megválaszolásához. Releváns digitális nyomok többféle módon kinyerhetők az adathalmazból, például kulcsszavas kereséssel, dokumentum lekéréssel, metaadat-attribútum egyeztetéssel, hash-függvény⁴ alapú kereséssel, vagy szabványos formátumú üzenetek keresésével.

EREDMÉNYEK ÉRTELMEZÉSE

Számos fontos szempontot kell figyelembe venni az eredmények értékeléséhez, értelmezéséhez. Ilyen lehet a releváns adatok jelentése az adott vizsgálat szócípjára vonatkozóan, az elfogultságot csökkentő intézkedések, a vizsgálat lefolytatását akadályozó tényezők, a rendszerórák aszinkron működése stb. A vizsgált eseményhez tartozó adatok megértésében elemző eszközök is segíthetnek. Ilyen elemző eszköz például az idővonal eszköz, amely az események közötti kapcsolatok vizsgálatát segíti úgy, hogy időbeli sorrendbe helyezi az egyes eseményeket. A kapcsolatelemzés megmutathatja az esemény entitásai közötti összefüggéseket, például, hogy melyik eszköz milyen irányba, vagy ki kivel kommunikált a vizsgált esetben. A mesterséges intelligencia lehetőségei is egyre szélesebb körben alkalmazhatók lesznek annak érdekében, hogy az

esetlelmek közötti láthatatlan kapcsolatokat feltárják vagy az adatok között releváns elemeket ismerjenek fel.

A szakértői vizsgálat eredménye egy írásos jelentés, amely leírja a vizsgálat és a digitális adatok elemzésének eredményeit, összeállítja a vizsgált eseményről szóló narratívát, amely a jogi eljárás során képviselheti a teljes vizsgálatot vagy annak egy részét.

IoT SZAKÉRTŐI VIZSGÁLAT KIHÍVÁSAI A MODERN JÁRMŰVEK ADATELEMZÉSEKOR

Az IoT a szobai hőmérséklet szabályozásától kezdve, az önvezető járművekig teljesen behálózta a mindennapi életünket. A közlekedési balesetekkel kapcsolatos eredményes vizsgálat elvégzéséhez szükséges, hogy ebben a kiterjedt hálózatban a bizonyítékok felkutatása és begyűjtése időben megtörténjen. Mivel az IoT-eszközöket passzív és autonóm működésre tervezték, nem áll rendelkezésre dokumentált módszer vagy megbízható eszköz az ilyen eszközön megtalálható bizonyítékok közvetlen összegyűjtésére.

Nem minden IoT-eszköz tárol olyan metaadatokat, mint például az időinformáció. Ennek hiányában a különböző IoT-eszközökről gyűjtött bizonyítékok időbeli összefüggéseinek megállapítása szinte lehetetlen. A vizsgálatok során a dinamikus változó környezet miatt előfordulhat, hogy az ideiglenes naplóállományok nem elérhetők, a hálózat bizonyos része nem vizsgálható. Korlátozott módszerek állnak rendelkezésre egy adott IoT-eszköz, vagy környezet lemezképének (image) létrehozására. A valós idejű és autonóm interakciók az eszközök között megnehezítik, sőt akár lehetetlenné is teszik az eszköz vagy rendszer komp-

6. ábra. Az utólagos igazságügyi szakértői vizsgálatok a gépjárművek IoT-eszközeinek/-szenzorainak adatai alapján rekonstruálják, hogy mikor, hol és milyen körülmények között történt a közlekedési esemény (Forrás: Shutterstock)



romittálódásának, hatókörének, és a cselekmény helyszín-határainak azonosítását. Ilyen esetekben a lehető legtöbb bizonyíték összegyűjtésére kell törekedni. [6][27]

Az eszközökön belüli megfelelő hitelesítés nélkül nem minden esetben azonosíthatók a tevékenységek és azok felelőse. Az IoT-környezetekben nem minden esetben létezik biztonságos naplózás és monitorozó rendszer sem. Az IoT-környezetek gyors fejlődési üteme és természete számos biztonsági és forenzikus vizsgálati kihívást jelent. [23]

Ahogy a járműveink egyre inkább összekapcsolódnak és autonómmá válnak, a járművek internete (IoV – Internet of Vehicles) megjelenésével megnő a szakértői vizsgálatok szerepe, fontossága és szükségessége. Figyelembe kell venni azt a tényt, hogy a járművezetők nem kizárólagosan lesznek felelősök a balesetekért, ugyanis a balesetek történhetnek szoftver- és hardverhibák, kibertámadások miatt is. Így olyan eset is felmerülhet, hogy amennyiben a baleset oka egy szoftver- vagy hardverkomponens hibája, akkor az eladó/gyártó manipulálhatja az eseményadatokat, hogy elkerülje, vagy csökkentse a következményeket, emiatt az adatok hamisítás elleni védelme is szükséges. [3]

Az IoT-eszközök (ideértve a járművekben található eszközöket is) és azok kapcsolatainak azonosítása, a hálózat komplexitása és fizikai elosztottsága miatt nem minden esetben egyszerű feladat. Az azonosítás teljeskörűsége, minden eszköz azonosítása – mérettől vagy funkciótól függetlenül – fontos szempont, mivel a hálózat részét képezik, és tartalmazhatnak olyan információt vagy sérülékenységet, amely a vizsgált esemény szempontjából releváns lehet.

ÖSSZEGRÉS

Az intelligens járművek térnyerésének alapvető elemei az IoT-, és a különböző kiberfizikai eszközök, szenzorok, környezetek, amelyek utólagos igazságügyi szakértői vizsgálata nélkülözhetetlen eleme a megtörtént események rekonstrukciójának. Az IoT forensics módszertan célját, lépéseit és kihívásait áttekinthető megállapítható, hogy mivel a járművek komplex IoT-rendszernek is tekinthetők, a modern és egyre inkább önvezetővé váló járművek esetén az IoT-eszközök jelen tanulmányban tárgyalt szakértői vizsgálati lépései alkalmazhatók, különös tekintettel az eszközök és adatok feltérképezésére. Az alkalmazott eszközök tekintetében azonban a járművek esetén komplexebb eszközök és hozzáférési módok szükségesek egy vizsgálat elvégzéséhez. Az IoT-eszközökhöz hasonlóan a járművek is számos olyan nyomot is generálnak, amelyek nem járulnak hozzá a vizsgálat hatékony elvégzéséhez, ezért kiemelt feladat a valóban hasznos információk kiszűrése az irreleváns információk közül. A digitális adatok megszerzése, vagy az azokhoz történő hozzáférés biztosítása az IoT-környezetekben sem mindig egyértelmű feladat, az adatok integritásának biztosítása azonban elsődleges, figyelembe véve a gyártók esetleges érdekellentétét (például közlekedési baleset vagy terrortámadás esetén).

Az IoT-hez kapcsolódó szakértői vizsgálati szintek a modern járművekben is megjelennek, járművek vizsgálata esetén is különbséget kell tenni az eszköz szintű, hálózati szintű vizsgálat, és a felhőalapú megoldások vizsgálatában. Ezen szintek adatforrásainak és adatainak elemzése ezen járművek esetén is elengedhetetlen.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet mondanak az Alverad Technology Focus Kft. ügyvezetőjének és munkatársainak a kutatási munkához nyújtott támogatásukért.

A tanulmány az Innovációs és Technológiai Minisztérium a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal útján a Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíjjal finanszírozott szakmai támogatásával készült.



INNOVÁCIÓS ÉS
TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Abeis Ab, Iot forensics, <https://www.slideshare.net/AbeisAb/iot-forensics-11792666> (Letöltve: 2022.12.12.);
- [2] Jinadasa, Anuka. IOT Forensic Challenges, 2021. <https://www.slideshare.net/AnukaJinadasa/iot-forensics-249699308> (Letöltve: 2022.12.12.);
- [3] Abhay, P. A., Jishnu, N. V., Meenakshi, K. T., Yaswanth, P. S., Philip A. O. Auto Block IoT: A Forensics Framework for Connected Vehicles https://www.researchgate.net/publication/352186853_Auto_Block_IoT_A_Forensics_Framework_for_Connected_Vehicles, DOI 10.1088/1742-6596/1911/1/012002 (Letöltve: 2022.12.12.);
- [4] Shiklo, Boris. Automotive IoT: Smarter Vehicles, Optimized Car Manufacturing <https://www.scnsoft.com/blog/iot-in-automotive-industry> (Letöltve: 2022.12.12.);
- [5] Liu, Changwei. Anoop Singhal and Duminda Wijesekera, A logic-based network forensics model for evidence analysis https://csrc.nist.gov/CSRC/media/Projects/Measuring-Security-Risk-in-Enterprise-Networks/documents/logic_based_network_forensics_model-for_evidence_analysis.pdf (Letöltve: 2022.12.12.);
- [6] Al-Dhaqm, A., Adeyemi, I. R., Kebande, V.R., Abd Razak, S., Grispos, G., Choo, K. R., Al-rimy, B. A. S., Rahman, A., Alsewari, A. Digital Forensics Subdomains: The State of the Art and Future Directions, 2021. https://www.researchgate.net/figure/IoT-Forensics-Issues_fig1_355762006 (Letöltve: 2022.12.12.);
- [7] Lyle, J. R., Guttman, B., Butler, J. M., Sauerwein, K., Reed, Ch., Lloyd, C. E. Digital Investigation Techniques: A NIST Scientific Foundation Review <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2022/NIST.IR.8354-draft.pdf> (Letöltve: 2022.12.12.);
- [8] Karthika, D. 2021. IoT Sensors: Security in Network Forensics <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781119769057.ch8> <https://doi.org/10.1002/9781119769057.ch8> (Letöltve: 2022.12.12.);
- [9] Dolgok internete <http://industry4.hu/hu/fogalomtar/dolgok-internete-iot> (Letöltve: 2022.12.12.);
- [10] Bócz Endre, Lakatos János. A kriminalisztika egyes aktuális elméleti kérdései, Kriminálisztikai jegyzetek és tanulmányok, RTF Kriminálisztikai Tanszék, 2008. <https://docplayer.hu/4963263-Dr-bocz-endre-dr-lakatos-janos.html> (Letöltve: 2022.12.12.);
- [11] Pilisi Fanni. Bűnügyi adatgyűjtés, különös tekintettel a raszternyomozásra, 2012. <https://ujbtk.hu/>

- dr-pilisi-fanni-bunugyi-adatgyujtes-kulonos-tekintettel-a-raszternyomozasra/ (Letöltve: 2022.12.11.);
- [12] Finszter, G. A kriminalisztika ígérete, Magyar Tudomány 2020/5. https://mersh.hu/hivatkozas/matud_f41567/#matud_f41567 (Letöltve: 2022.10.15.);
- [13] Forensics technologies <https://www.forensicscolleges.com/blog/resources/10-modern-forensic-science-technologies> (Letöltve: 2022.12.24.);
- [14] Forrás: https://nyomkovetes.net/termek/tkstartk905b-10000mah-magneses-gps-nyomkoveto-gps-nyomkovetes?gclid=EAlaQobChMI5e6A0JGu_AIVF-13Ch1vAw4nEAQYAYABEgUxfD_BwE (Letöltve: 2023.1.4.);
- [15] KEBANDE, V., MUDAU, P., ADEYEMI, I., VENTER, H., CHOO, K. R. Holistic digital forensic readiness framework for IoT-enabled organizations https://www.researchgate.net/publication/342880218_Holistic_Digital_Forensic_Readiness_Framework_for_IoT-Enabled_Organizations DOI: 10.1016/j.fsr.2020.100117 (Letöltve: 2022.11.10.);
- [16] ATLAM, H. F., HEMDAN, E. E., ALENEZI, A., ALASSAFIC, M. O., WILLS, G. B. Internet of Things Forensics: A Review 2020 February, DOI: 10.1016/j.iot.2020.100220;
- [17] IoT biztonság <https://www.lds.hu/iot-a-dolgok-internete-es-a-biztonsagtechnika-1-resz-68> (Letöltve: 2022.12.12.);
- [18] IoT forensics https://en.wikipedia.org/wiki/IoT_Forensics (Letöltve: 2022.11.24.);
- [19] McGhiey, K. Internet of Things (IoT) Forensics előadás, 2020. https://www.youtube.com/watch?v=rpgSNilu_X0, (Letöltve: 2022.12.12.);
- [20] Ruan, K., Carthy, J., Kechadi, T., Baggili, I. Cloud forensics definitions and critical criteria for cloud forensic capability: An overview of survey results, Digital Investigation, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1742287613000121> (Letöltve: 2022.11.12.);
- [21] Ruan, K., Carthy, J., Kechadi, T., Crosbie, M. Cloud forensics: An overview https://www.researchgate.net/publication/229021339_Cloud_forensics_An_overview (Letöltve: 2022.11.11.);
- [22] Máté I. Zs. Informatikai rendszerek elleni támadások szakértői vizsgálata – a digitális nyomok rögzítésének szerepe http://real.mtak.hu/116025/1/Matelstvan_ZsoltBelugyiSzemle2018.evi7-8.szam36-54.pdf DOI: 10.38146/BSZ.2018.7-8.3 (Letöltve: 2022.12.12.);
- [23] Conti, M., Dehghantanha, A., Franke, K., Watson, S. "Internet of Things Security and Forensics: Challenges and Opportunities", (Elsevier) Future Generation Computer Systems Journal, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.07.060>, 2018;
- [24] Network forensics <https://resources.infosecinstitute.com/topic/network-forensics-overview/> (Letöltve: 2022.12.10.);
- [25] Joshi, R. C., Pilli, E. S. Cloud Forensics, Fundamentals of Network Forensics, ISBN: 978-1-4471-7299-4;
- [26] Répás J., Berek L., Schmidt M. Autonomous Vehicles Forensics -The next step of the Digital Vehicles Forensics, 1ST IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COGNITIVE MOBILITY, 2022.10.12-13.;
- [27] Security In IoT Forensics <https://arcnovo.tech/our-insight/security-in-iot-forensics> (Letöltve: 2022.12.11.);
- [28] Sathwara, S., Dutta, N., Pricop, E. IoT Forensic - A digital investigation framework for IoT systems, ECAI 2018 - International Conference – 10th Edition Electronics, Computers and Artificial Intelligence 28 June - 30 June 2018, Iasi, Romania, <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1909/1909.02815.pdf> (Letöltve: 2022.12.12.);
- [29] SWGDE/SWGIT Digital & Multimedia Evidence Glossary Version: 1.0 (2005) <https://www.swgde.org/documents/Archived%20Documents/SWGDE-SWGIT%20Digital%20and%20Multimedia%20Evidence%20Glossary%20v1-0> (Letöltve: 2022.5.11.);
- [30] The car is going to become an IoT device on wheels <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/mobility-topics/iot-device-on-wheels/> (Letöltve: 2022.11.13.);
- [31] Flaglien, A. O. The Digital Forensics Process https://www.researchgate.net/publication/318198370_The_Digital_Forensics_Process, DOI: 10.1002/9781119262442.ch2 (Letöltve: 2022.12.12.);
- [32] Török Péter. Titkos üzenet száll a szélle! (IoT-ben használt vezeték nélküli adatátviteli technológiák összehasonlítása), Hadmérnök, XIV. évfolyam 3. szám 2019.;
- [33] Gehlot, A., Singh, R., Singh, J., Sharma, N. R. 2022. Digital forensics and the internet of things ISBN: 978-1-119-76878-4;
- [34] Kollár Csaba. Az IoT katonai felhasználási lehetőségei és a fejlesztési irányai, Hadmérnök, XII. évfolyam 4. szám 2017.;
- [35] Forrás: https://www.researchgate.net/figure/Investigation-process-of-IoT-forensics_fig4_337259162, (Letöltve: 2023.1.10.);
- [36] Forrás: <https://www.shutterstock.com/image-photo/digital-transformation-iot-internet-things-transformation-modern-2054921279> (Letöltve: 2023.2.16.).

JEGYZETEK

- 1 A kliens olyan alkalmazás vagy rendszer, amely egy távoli szolgáltatást egy másik számítógépről, a szerverről kéri le a hálózat segítségével. A böngészők maguk is olyan kliensek, amelyek a webszerverekhez csatlakozva képesek megjeleníteni az egyes weboldalak tartalmát. A klienseknek három fajtája van:
 - a *vastag kliens* (fat client) önállóan is képes működni anélkül, hogy csatlakozna egy szerverhez (asztali számítógép, notebook);
 - a *vékony kliens* (thin client) nem képes szerver nélkül működni, saját funkciója csupán annyi, hogy grafikusán megjeleníti a szerverről érkező adatokat;
 - a hibrid kliens képes önálló működésre, ugyanakkor adatbázisait a szerveren tárolja.
- 2 JTAG – Joint Test Action Group, az IEEE-1149.1 szabvány által meghatározott módszer az integrált áramkört lapok/rendszerek gyors és automatikus tesztelésére szolgál.
- 3 UART – Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, olyan eszköz, amely jelátalakítást végez a soros és a párhuzamos interfészek között.
- 4 A hash-függvények (hasítófüggvények) informatikában használt eljárások, amelyek tetszőleges hosszúságú adatot rögzített hosszúságú, rövid kimenetbe (lenyomatba) képeznek. A hasítófüggvények a számítástechnikában, az 1950-es évek elején jelentek meg, de az 1980-as évek végén, a digitális aláírás megjelenésével váltak szükségessé az informatikai biztonság érdekében. (A szerk.)

1. ábra. A Magyar Honvédség Lynx KF41 gyalogsági harcjárműve. Erre a példányra a távirányítható géppuskát és a rakétaindítót még nem szerelték fel



Végvári Zsolt* – Sebők István**

A Lynx harcjármű fegyverzete és védelmi rendszerei

A Magyar Honvédségben nagy várakozás előzi meg a Lynx KF41 harcjármű magyarországi rendszeresítését. Bár a beszerzés jelentős értéke önmagában is fontossá teszi a harcjármű sikerét a gyártó Rheinmetall Defence számára, tény, hogy a KF41 egy új fejlesztés, és e változat első vásárlója Magyarország, szintén a figyelem középpontjába helyezi az eszközt. A 2020-ban aláírt szerződés szerint Magyarország 218 darab harceszközt vásárol, amelyből 172 darabot a Rheinmetall Hungary Zrt. zalaegerszegi gyárában állítanak elő. A harceszköz tervezett harcértéke, és annak rendszeresíteni kívánt mennyisége miatt, a típus újra definiálja a Magyar Honvédség képességeit.

2022 végén az első két harcjárművet leszállították az MH hódmezővásárhelyi alakulatához. A Kinizsi Pál 30. Páncélozott Gyalogdandár 2023. február 6-án szakmai napot

hirdetett a Magyar Honvédség alakulatai számára az új eszköz megismertetése érdekében. Egy olyan szakmai közösség létrehozását is célként tűzték ki, amely támogatni képes az eszközzel kapcsolatos kihívások (elsősorban a rendszerbe állítással kapcsolatos problémák) kezelését. Mivel a Lynx KF41 első alkalmazója Magyarország lesz, ezért mindenképp szerencsés, ha egy jól felkészült szakmai közösség kíséri figyelemmel a járművek tesztelési és rendszerbe állítási folyamatát.

Tovább fokozza a nehézségeket, hogy a magyar Lynx KF41-es konfigurációja még nem végleges. A szerződésben szerepel, hogy hazánk milyen képességeket, azaz milyen fedélzeti rendszereket vásárolt, ám ezek végleges elhelyezése és integrációja még nem minden esetben tisztázott. A Rheinmetall Defence vállalat munkatársai a gyalogdandár állományával és Magyar Honvédség szakértőivel

ÖSSZEFOGLALÁS: A Lynx harcjármű a saját kategóriájában kimagasló passzív páncélvédelemmel rendelkezik, és korszerű hajtáslánca révén mozgékonyasága is megfelelő. A szerzők tanulmányukban bemutatják a harcjármű fegyverzetét, amely lehetővé teszi, hogy a Lynx a legnehezebb harci körülmények között is képes legyen a lövésrajok támogatására, továbbá azokat a védelmi rendszereket, amelyek hozzájárulnak a harcjármű és személyzete túlélőképességének növeléséhez.

KULCSSZAVAK: Lynx KF41, gyalogsági harcjármű, fegyverzet, aktív védelmi rendszer

ABSTRACT: The Lynx fighting vehicle offers outstanding passive armour protection in its class, while its advanced drivetrain means it is also highly manoeuvrable. In this article, we will show how Lynx armament enables it to effectively support firing squadrons in all conditions, and what other protection systems contribute to the survivability of the vehicle and its occupants.

KEY WORDS: Lynx KF41, infantry fighting vehicle, armament, APS

* Alezredes, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, tanársegéd, ORCID: 0000-0003-2543-6049

** Alezredes, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, tanársegéd, ORCID: 0000-0002-3276-4078

együtt keresik a legjobb megoldásokat, hogy a végleges eszköz biztosan a legmegfelelőbb legyen a Magyar Honvédség gyalogsági harcjárművel szemben támasztott hadműveleti-harcászati követelményeinek kielégítésére. A Lynx leszállított két példánya a fenti okokból még nem bevethető, azok elsősorban a harcjárművezetők kiképzését szolgálják. Amikor véglegessé válik minden tervezett alrendszer elhelyezése és megtörténik azok integrációja, a harcjárművek visszakerülnek a gyártóhoz, ahol a két Lynx-et az elfogadott változattá építik át.

A Lynx KF41-es főbb technikai paraméterei (méretek, menettulajdonságok, motorteljesítmény stb.) már véglegesnek tekinthetők, és azokról – egyebek mellett a Hadi-technika folyóirat hasábjain – is számos tény, illetve adat korábban is napvilágot látott¹. Ennek megfelelően ezúttal csak azokat az információkat tárjuk az olvasók elé, amelyek korábban még nem voltak részleteiben ismertek. Tehát a fedélzeti rendszereket, elsősorban a fegyverzetet és a védelmi rendszereket mutatjuk be. Mivel a Lynx egy csúcstechnológiás új fejlesztésű eszköz, számos paramétere még nem végleges, illetve egy részük titkos is, ezért tanulmányunkban csak a publikusan elérhető adatokat közölhetjük.

A Lynx egy moduláris, rendkívül széles körben felhasználható járműplatform. Az alap – egy lövészrajt szállító – változaton kívül, készül majd önjáró aknavető, felderítő, tűzér megfigyelő, műszaki felderítő, mentő-vontató és sebesültszállító változat is, de a későbbiekben elképzelhető a Skyranger torony alkalmazásával egy önjáró légvédelmi komplexum, illetve a Rheinmetall-DeTec AG által gyártott 120 mm-es űrméretű ágyúval felszerelt kompakt harcokcsivaltozat kialakítása is. Ebben a tanulmányban a LANCE 2.0 toronnyal szerelt magyar KF41-es alapváltozatot mutatjuk be.

A FŐ FEGYVERZET: A 30 MM-ES GÉPÁGYÚ

A Magyarország által rendszeresítendő Lynx elsődleges fegyverzete a Rheinmetall Defence – a fegyver tervezése idején Mauser fegyvergyár – által gyártott MK 30-2 ABM típusú 30 mm-es gépágyú. A német cég 20 és 35 mm űrméret között számos gépágyút kínál mind repülőgép-fedélzeti, mind szárazföldi, illetve haditengerészeti alkalmazásra. Az MK 30-2 ABM kimondottan szárazföldi használatra optimalizált fegyver, ugyanilyen 30 × 173 mm-es NATO-lőszer tüzelő gépágyú található a Bundeswehr által 2015-től hadrendbe állított Puma harcjárművek tornyában is. A fegyver

2. ábra. A Rheinmetall Defence által gyártott MK 30-2 ABM típusú 30 mm-es gépágyú



töltetlen tömege 198 kg, hosszúsága 3780 mm, elméleti tűzgyorssága 600 lövés/perc. A cső 2700 mm hosszú, vagyis az űrméret-hosszúság értéke 90. A fegyver hátrasiklása 45 mm, ilyenkor a toronyra 1,8 tonna (18 kN) erő hat. [1] [2] Ezekkel a technikai adatokkal a fegyver önmagában kevésbé tűnik ki, hiszen a 30 × 173 mm űrméretű NATO-lőszer rendkívül elterjedt a jelenlegi szárazföldi harceszközök körében. Az amerikai Northrop Grumman által gyártott Mk44 Bushmaster II gépágyú, amely rendkívül hasonló technikai paraméterekkel rendelkezik, számos, jelenleg is hadrendben álló harcjármű fő fegyverzete, így a piac döntő részét lefedi. Kevésbé meghatározó ennek az űrméretnek a légi vagy haditengerészeti alkalmazása, de ilyen lőszerrel tüzel a Fairchild Thunderbolt A10-es támogató repülőgép GAU-8 Avenger Gatling-rendszerű (forgócsöves) gépágyúja, illetve a lőszer a „Goalkeeper” (a „kapus”) haditengerészeti közelkörzeti védelmi² rendszerben is bizonyítottak már.

A gépágyú sajátossága, hogy egy 115, és egy 116 darabos kapacitású lőszer tárat használ; az egyikbe jellemzően repesz-romboló, míg a másikba páncéltörő lőszer táraznak. Természetesen a végrehajtandó feladattól függően előfordulhat, hogy mindkettő ugyanolyan – esetleg valamilyen más speciális lőszer (űrméretes kumulatív lőszer, gyújtólőszer) – tartalmaz. A két tár tartalma külön hevederen jut a gépágyúhoz és csak a töltényűr előtt egyesülnek, így a kezelő tetszés szerint lehet egyfajta lőszerből rövid sorozatot, de akár felváltva is alkalmazhatja a lőszerket. Mivel a lőszer csak a lövés céljának meghatározása után kerül a töltényűrbe, a másik lőszer típus kiválasztása nem jelenti azt, hogy feleslegesen el kellene löni egy korábban már betöltött lőszer.

A gépágyúhoz alaplőszerként tartozik egy APFSDS-T jelű páncéltörő lőszer is. Amint azt a neve is jelzi (Armor-Piercing Fin-Stabilized Discarding-Sabot – szárnystabilizált leváló köpenyes űrméret alatti páncéltörő lövedék) egy űrméret alatti nyíllövedékről van szó, amely működési elvét tekintve megegyezik többek között a Leopard 2-es harckocsi 120 mm-es, vagy a T-72-es harckocsi 125 mm-es űrméret alatti páncéltörő lőszerével. A lőszer 290 mm hosszúságú, és a teljes tömege 725 gramm. A lövedéknek mintegy 30%-kal nagyobb (1405 m/s) a torkolati sebessége, mint a repesz-rombolónak (1100 m/s), amit nitroglicerin (EI type) alapú indítótöltet alkalmazásával érnek el. Mivel a csőtorkolatot elhagyva az űrméretes rész felállik és csak egy igen kis keresztmetszetű, szárnystabilizált, 235 gramm tömegű, wolframkarbid-hegyű nyíl repül tovább, a rendkívül kis légellenállás miatt az eszköz alig veszít a mozgási energiájából. Ez a becsapódáskor kis felületen ható energia azt jelenti, hogy a viszonylag kis tömegű lövedék 1000 méter távolságból is képes átútni a NATO-szabvány szerint 60°-ban megdöntött 53 mm-es hengerelt acélpáncélzatot [3], vagy akár a 200 mm-es vasbetont. Ezzel a teljesítménnyel a gépágyú – a harckocsik kivételével – szinte az összes szárazföldi haditechnikai eszközt képes megsemmisíteni. Oldalról, vagy leginkább hátulról akár harckocsik ellen is hatékony lehet, de a fegyvert alapvetően nem erre a célra konstruálták.

A Rheinmetall fegyverének különlegességét a lőszer, illetve az azzal való együttműködés képessége jelenti, bár az Air Burst Munition-ból származó ABM betűszóból nehezen következtethetünk a valós képességekre. A rendszert eredetileg az Oerlikon fejlesztette ki, kimondottan közellégtér-védelmi rendszerek számára, amelyek a támadó rakétákat és repülőgépeket egy lövedékfelhővel semmisítik meg. Az ABM jelzésű fegyver képes a megfelelő repesz-romboló ABM/KETF (Air Burst Munition / Kinetic Energy Time Fuse)³ jelzésű lövedéket közvetlenül a csőtör-



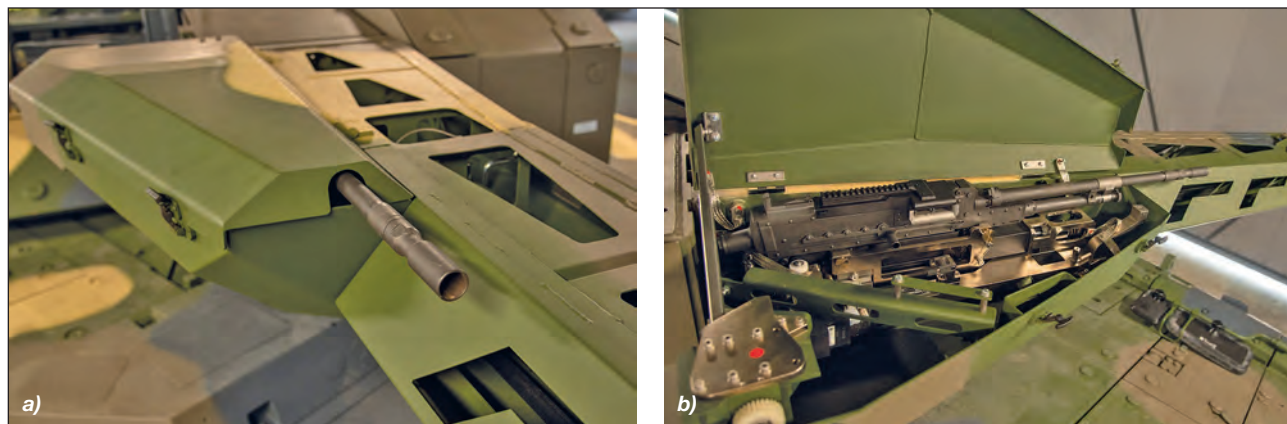
kolat elhagyása előtt egy indukciós rendszerrel felprogramozni. A lövedék, a ballisztikai számítógép számításai alapján beprogramozva, az adott parancsnak megfelelően többféleképpen reagálhat. „Élesedhet” 60 méter megtétele vagy 2 ezredmásodperc letelte után, illetve megsemmisítheti magát 4 km repülés (kb. 8,2 másodperc) után. A 290 mm hosszú és 830 gramm tömegű acélhüvelyes lőszer indítótöltete hagyományos nitrocellulóz alapú (NC type). A 360 grammos lövedék rendkívüli pusztító hatásáért a 162 darab, egyenként 1,24 gramm tömegű, hengeres alakú wolframkarbidból készült repeszcsomag a felelős, amelyben minden repeszdarab saját 0,5 gramm tömegű indítótöltettel rendelkezik. [4] A beprogramozott robbanás által egy adott helyen szétszóródó repeszek igen hatékonyak az elérő vagy alacsonyán szálló légi célok ellen, de arra is van mód, hogy a lövedék „egyben maradjon” a röppálya alatt, és csak becsapódáskor robbanjon, mint egy klasszikus repesz-romboló gránát. Ez az alkalmazási mód páncélozatlan járművek, valamint épületek falai ellen hatásos.

A Lynx elsődleges fegyverzete nem alkalmas harckocsik elleni küzdelemre, de a harcjárművet a tervezésekor arra optimalizálták, hogy harckocsikkal (legfőképpen a Leopard 2-es harckocsikkal) működjön együtt, amely bármilyen ismert harckocsit képes kilőni a saját fő fegyverzetével. Ha mégis úgy adódna, hogy a Lynxnek egyedül kellene szembenéznie egy harckocsival, akkor az ellen, a toronyba integrált irányított páncéltörő rakétáit használhatja.

HARCKOCSI ELLENI RAKÉTAFEJVERZET

A Lynx harckocsik elleni fegyverzetét 2 darab Spike LR2 típusú, irányított páncéltörő rakéta (Anti-Tank Guided Missile – ATGM – harckocsi elleni irányított rakéta) alkotja. A Spike típusú rakétát eredetileg az izraeli Rafael Systems fejlesztette ki, és elsőként – 1981-től – az Izraeli Védelmi Erők alkalmazták. Kis mérete és tömege miatt kézi páncéltörő rakétaként használták, de később harcjárművekre és helikopterre is integrálták. A magyar Lynxeken alkalmazott LR2 változatot már a Rheinmetall Defence Electronics gyártja. Ez a változat az eredeti változatot számos tekintetben felülmúlja. A mintegy 1150 mm hosszú, és nem egészen 13 kg-os rakéta rádiós kapcsolattal (jellemzően helikopteres indítás esetén) vagy (mint a Lynx esetében) szál-optikás kábeles kapcsolattal is ellátható. A harci fej ún. HEAT kialakítású (High Explosive Anti-Tank – nagy robbanóerejű harckocsi elleni, azaz kumulatív lövedék), vagyis a páncél átütése a célig eljuttatott kumulatív gránát feladata.

3. ábra. A 7,62 mm űrméretű párhuzamosított géppuska a gépágyú jobb oldalán található a); a géppuskába a páncéllemez felhajtása után fűzhető be a lőszerheveder b)



A nyíllövedékkel szemben nagy előnye ennek a megoldásnak, hogy a páncéltörő képesség nem függ a cél távolságától, sem a lövedék/rakéta mozgási sebességétől. [5] A Lynx harcjármű esetében a rakéta másodlagos fegyverzet jellegére utal, hogy míg a többi fegyver nagy sebességű mozgás közben is igen pontosan alkalmazható, addig a rakétát csak álló helyzetből lehet indítani, legfeljebb 5,5 km távolságból. Ugyanakkor a rakéta indítása után azonnal indulhat a harcjármű, mert az „Fire & Forget” rendszerű, vagyis a végfázisban (amelynek során hibás célazonosítás esetén lehetőség nyílik az önmegsemmisítésre) infravörös szenzorával saját magát vezeti rá a célra.

A rakéta további képessége, hogy a szál-optikán keresztül kamerás képet is küldhet a kezelőnek, aki akár kézi irányítással is rávezetheti a célra. Ez az eljárás mozgásban lévő harckocsik ellen kevésbé hatékony, de módot ad arra, hogy a Lynx fedett célokat (közvetlenül nem látható harcjárműveket, fedezékeket) is sikerrel támadjon. A rakétát a célok különböző volta miatt csapódó, és fenékgyújtási rendszerrel egyaránt felszerelik. A rakéta harci feje tandem elrendezésű, vagyis egy kisebb töltet beindítja a főleg szovjet/orosz harckocsikon nagy számban alkalmazott reaktív páncéltörő, majd a fő töltet a már védtelen páncéltörő támadja. A Spike páncéltörő rakéta képes akár 900 mm-t meghaladó hengerelt acélnak megfelelő aktuális, vagy pillanatnyi ballisztikai védelem-vastagságot [6] is átütni. [7] Itt jegyezzük meg, hogy a Magyar Honvédség által még jelenleg is használt T-72M1 harckocsik homlokpáncéltörő vastagsága kb. 400 mm, a jóval erősebb T-72B változaté maximum 700 mm, és a jelenleg legkorszerűbb T-90-es típusé is csak legfeljebb 850 mm. Mindezzel együtt a Spike rakéták indításának lehetősége a Lynx esetében hangsúlyozottan csak másodlagos, hiszen – ahogy azt korábban is említettük –, ezt a harcjárművet alapvetően Leopard 2-es harckocsikkal kötelékben történő alkalmazásra optimalizálták. Márpedig a Leopard 2-es 120 mm-es űrméretű harckocsiágyúja bármelyik ismert harckocsit jó eséllyel képes megsemmisíteni. A rakétaindítók pozíciója a Lynx harcjárművön még nem végleges, a gyártó több szempontot is figyelembe véve keresi a legjobb megoldást.

PÁRHUZAMOSÍTOTT GÉPPUSKA

Az irányzó, a „könnyű” célok ellen a gépágyú helyett az azal párhuzamosított 7,62 mm-es FN géppuskát is alkalmazhatja. A géppuska lőszer-javadalmazása a 7,62×51 mm-es

NATO-lőszerből két rakaszban 600 + 525 darab lőszer. A fegyver – amelyet Ernest Vervier⁴ fejlesztett ki az 1950-es évek elején – már 1958-ban rendszerbe állt. A Lynx harcjárművön alkalmazott fegyver az FN-MAG géppuska 60.40 jelzésű modifikációja, amely csak meglepően kis mértékben tér el az eredeti változattól. A rendkívül megbízható konstrukció jellemzője, hogy mintegy 200 000 darab készült belőle, és mintegy 100 ország hadseregének felszerelésének része. A géppuska tömege 12 kg, teljes hossza 1263 mm, amelyből a csőhosszúság mintegy 600 mm. Elméleti tűzgyorsasága változattól függően 600–1100 lövés/perc. Az elsütőszervezetet úgy alakították ki, hogy ezzel a géppuskával csak sorozatot lehessen löni, egyeslövés leadására nem alkalmas. A lövedék torkolati sebessége 840 m/s, ezzel az elméleti hatásos lőtávolsága egy olyan stabilizált fegyverplatformon, mint a Lynx harcjármű tornya, kb. 1100 méter. [8]

A 12,7 MM-ES, TÁVIRÁNYÍTHATÓ FEGYVERPLATFORMÚ FÜGGETLEN GÉPPUSKA

A parancsnok rendelkezésére áll egy, az irányítótól függetlenül használható 12,7 mm űrméretű géppuska is, amely a torony bal oldalán hátul, egy a toronytól függetlenül mozgatható, és stabilizált platformon helyezkedik el. A fegyver szintén a belga FN Herstal gyár M2HB-QBC⁵ Mk2-es változata, amely a klasszikus .50 kaliberes (NATO 12,7×99 mm űrméretű lőszerrel) Browning géppuska továbbfejlesztése. A 38 kg tömegű és 1656 mm hosszú fegyver csőhosszúsága 1143 mm. Lőszer-javadalmazása 400 + 200 darab. Az önálló, kis méretű fegyvertorony elnevezése Main Sensor Slaved Armament (MSSA), vagyis szenzorirányított fegyverzet, amely arra utal, hogy elsősorban távirányítással használható. [9] Saját elektrooptikai irányzéka nincs is, a célokat a parancsnoki irányzékon keresztül lehet vele leküzdeni. Ha a torony működésképtelenné válik, akkor a mozgató rendszereket kikapasztva, a páncéltesten állva kézzel is lehet működtetni a fegyvert, de abban az esetben csak egy mechanikus irányzék áll rendelkezésre.

MEGFIGYELŐ ÉS IRÁNYZÓ MŰSZEREK

A harcjárműből körkörös kilátást biztosít a páncéltesten elhelyezett 6 darab, egyenként 60°-os látószögű kamerára épülő LOS- (Line of Sight) rendszer. Ezenkívül mind a harc-

4. ábra. A Lynx gyalogsági harcjármű irányzójának a Rheinmetall által gyártott, stabilizált elektrooptikai megfigyelőrendszere



jármű vezetője, mind a parancsnok, mind pedig az irányzó rendelkezik saját elektro-optikai megfigyelő műszerrel, amelyek közül ez utóbbiak giroszkopikusan is stabilizáltak. A Rheinmetall Defence Electronics által gyártott stabilizált elektro-optikai megfigyelőrendszerből (Stabilized Electro-optical Sighting System – SEOSS) az irányzó rendszere a toronnyal együtt forog (SEOSS Sector), míg a parancsnok egy, a toronytól függetlenül mozgatható készülékkel (SEOSS Panorama) rendelkezik. [10] A rendszer maximum tízszeres zoom funkciót is biztosít, és a vizuális érzékelésen kívül alkalmas az infravörös, azaz a hőszugárzás érzékelésére (termovízió) is. Ezzel a harcjármű minden napszakban és változatos időjárási viszonyok között képes a célok nagy pontosságú felderítésére, és azok azonosítására. Tökéletes látási viszonyok között a Lynx a gépágyúval vagy a rakétával legfeljebb 5500 méterig hatékony, de a SEOSS-nak köszönhetően már akár 18 km távolságból is észleli a célokat. E távolság felénél, kb. 9 km-nél már lehetséges a célok osztályozása is (élőerő, jármű), míg kb. 4,5 km-ről már a jármű típusa is nagy pontossággal megállapítható. Nagyban növeli a harcjármű képességeit, hogy a 3. generációs „Saphire” hőképképző műszernek köszönhetően, a hagyományos értelemben vett „nulla” látás esetén (holdfény nélküli, erősen felhős éjszakai égbolt, köd, füst) is ugyanilyen távolságokból lehetséges a célok felderítése és osztályozása.

A fenti konfiguráció lehetővé teszi az ún. „hunter-killer” harcjelzés alkalmazását. Ilyenkor a parancsnok (hunter, azaz vadász) a saját 360°-os kilátású rendszerével felderíti a harcjármű környezetét. Amennyiben célt talál, akkor azt egy gombnyomással átadja az irányzónak (killer, azaz gyilkos). Amikor a torony a cél irányába fordul, az irányzó célponthoz közeledve a gépágyúval vagy a párhuzamosított géppuskával megsemmisíti azt. Mindeközben a parancsnok már új célt keres. A parancsnok természetesen bármikor átveheti az irányzó funkcióját, illetve átadhatja annak a független géppuska kezelését is, vagyis szükség szerint mind a két – toronyban tartózkodó – katona képes átvenni a másik fél funkcióit.

A független géppuskának és a két saját célzórendszernek köszönhetően lehetséges az ún. „killer-killer” harcjelzés alkalmazása is. Ilyen esetekben az irányzó és a parancsnok önálló célfelderítést és megsemmisítést végez a rendelkezésére álló fegyverekkel. Ez a harcjelzés általában esetben kevésbé hatékony, de bizonyos szituációkban – mint pl. városi környezetben folytatott harc esetén – hasznos lehet. Bár a Lynx nem rendelkezik dedikált légvédelmi képességgel, de a független géppuska függőlegesen –10 – +70°-ig irányozható, amely lehetővé teszi, hogy a parancsnok a vizuálisan észlelhető, alacsonyan szálló légi célok ellen tüzet vezessen, maximum kb. 2000 méter távolsáig. A gépágyú függőlegesen csak –7 – +45°-ig téríthető ki, de az ABM-lőszerrel időzített repeszfelhőinek segítségével egyes dróntípusok ellen így is hatékony lehet.

VÉDELMI RENDSZEREK

A Lynx KF41 40 tonnát meghaladó tömegét az erős páncélozás adja, hiszen az a frontpáncélzat kivételével összemérhető egyes harcokocsikkal, így kategóriájában egyedülálló passzív ballisztikus védelmet biztosít a harcjármű személyzete számára. A ballisztikus védőelemek több rétegben, légréteget is tartalmazva helyezkednek el, így a becsapódó lövedéknek több, különböző minőségű rétegen kell(ene) áthaladnia. A páncélozás ilyen szintű kialakításához a potenciális ellenfelek közül a BMP-2 és a BMP-3





5. ábra. A páncéltesten elhelyezett lézer-besugárzás-érzékelők egyike

orosz eredetű gyalogsági harcjárművek fegyverei elleni védelmet határozták meg alapként. A passzív ballisztikai védelmen túl, a tervezők számos további rendszert implementáltak a harcjármű önvédelmi képességeinek további növelése érdekében. A teljes rendszer elnevezése SAS, azaz Situation Awareness System – környezettudatosság rendszer –, amely összetett, mesterséges intelligenciával (MI) is megtámogatott multispektrális szenzorrendszer. [11] Legfőbb újdonsága, hogy a szenzorok jelzései alapján az MI képes bizonyos típusú fenyegetéseket automatikusan felismerni és osztályozni, amely funkciók a későbbiekben az aktív ellentétekenységet is megalapozhatják.

A rendszer részét képezi a páncéltest peremén elhelyezett és 360°-os látómezőt biztosító lézerbesugárzás-érzékelő szenzorrendszer (Laser Warning System – LWS), amely nagy távolságból érzékeli a lézertávérőket, esetleg célra vezető lézerek sugárzását az infravörös (850–1650 nm) tartományban. Ilyen esetben a berendezés jelzést ad a kezelőknek, de ha úgy programozták, arra is képes, hogy a megfelelő oldalon elindítsa a ROSY (Rapid Obscuring System – gyors álcázó rendszer) kódgránátvetőket, amelyek szintén a Rheinmetall Defence saját fejlesztései. A rendszer 40 mm-es vörösfoszfort tartalmazó kódgránátok indításával, mindössze fél másodperc alatt mintegy 25 méteres füstfalat húz fel a harcjármű-érzékelők által jelzett oldal mentén, amely lehetetlenné teszi az eszköz mind vizuális, mind az infravörös tartományú észlelését. A kód – a szélviszonyoktól függően –, legalább 15 másodpercig megmarad [12], de ennyi idő elegendő a nagyon mozgékony harcjárműnek a kitérő manőverek végrehajtására. Természetesen a kezelőszemélyzet a SAS jelzése nélkül is aktiválhatja a ROSY-t, ha azt szükségesnek ítéli.

A SAS-rendszer nemcsak az elektromágneses spektrumban figyel, hanem tartalmaz egy akusztikus lövésérzékelő (Acoustic Shooter Locating System – ASLS) rendszert is. Ez különösen városi harc esetén hasznos, mert segítségével a visszhangos területen is pillanatok alatt meghatározható, hogy honnan jött a lövés, vagyis felfedhető az ellenséges mesterlövész helyzete. Az ASLS beállításától függően nemcsak jelzi a lövés irányát, de képes aktiválni a fegyverrendszereket és a tornyot, vagy a távirányított géppuskát automatikusan a célra is fordítja. [13] Valamennyi felsorolt érzékelő természetesen a páncéltesten kívül helyezkedik el, de mind ellenáll a 7,62 mm-es páncéltörő lövedékeknek, tehát a kézifegyverekkel történő „vakítás”, harcjeljárásként kevésbé hatékony a Lynx ellen, mert kézi fegyverek tüzével csak ideiglenesen zavarható. Használataon kívül a SEOSS-ok elé, az érzékeny optikai rendszereket károsító mechanikai vagy elektronikai behatások ellen védő páncéllemez is beforgatható.

A legtöbb harcjármű, így a Lynx is, rendelkezik olyan levegőszűrő és túlnyomást biztosító rendszerrel, amely képes megóvni a személyzetet, amikor vegyi, nukleáris vagy biológiai szennyezett területen haladnak keresztül. Ugyanakkor a szennyezett terepszakaszokat a legtöbb hagyományos eszköz nem ismeri fel, így pontos felderítési információk hiányában előfordulhat, hogy a lövészrajnak szennyezett területen kell elhagynia a harcjárművet. Ez ellen véd a Lynx CNBC (Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Defence – CBRN Defence or NBC Protection) rendszere, amely bizonyos markerek alapján hatékonyan jelzi, hogy az adott terület szennyezett-e vagy sem. A szennyezés pontos típusát nem képes megállapítani (erre a célra minden hadseregben speciális vegyi felderítő járművek, egyfajta mozgó laborok szolgálnak), de megakadályozhatja, hogy a lövészraj szennyezett terepszakaszon hagyja el a harcjármű biztonságát.

A STRIKE SHILED AKTÍV VÉDELMI RENDSZER

Nyilvánvaló, hogy jelenleg nincs olyan páncélzat, amely bármilyen támadásnak ellen tudna állni. Ennek megfelelően a gyalogsági páncélozott harcjárművek többsége is csak a nehézgéppuskák, esetleg gépágyúk tüze ellen [14] óvja a személyzetét. A Lynx itt is más kategóriát képvisel, hiszen a kimagasló aknavédelmen túl, akár a gépágyúk lövedékeit is képes megállítani, ugyanakkor egy kumulatív töltetű páncéltörő rakéta, vagy egy harckocsiágyúból kilőtt nyíllövedék közvetlen találata esetén szinte bizonyosan harcképtelenné válik az eszköz (és jó eséllyel a személyzet is) valamilyen kiegészítő védelmi megoldás nélkül. A Lynx azonban – a kategóriájában szintén nem általános módon – erre is kínál egyfajta megoldást.

A harcjárműveken alkalmazott úgynevezett aktív védelmi rendszerek (Active Protection System – APS) jellemzője, hogy észlelik a harcjármű környezetében a lehetséges fenyegetéseket, és a támadó lövedékeket még a becsapódás előtt megpróbálják eltéríteni vagy megsemmisíteni. Az ún. „soft-kill” rendszerek zavarással próbálják meg eltéríteni a lézer, vagy infravörös vezérlésű rakétákat, de a gyakorlatban inkább az ún. „hard-kill” rendszerek az elterjedtebbek, amelyek a támadó lövedék előtt általában egy repesztöltetet robbantva semmisítik meg azt. [15] Ez adott esetben még a nagy energiájú nyíllövedékek ellen is adhat némi esélyt.

A világban már számos hasonló védelmi berendezést rendszeresítettek. A sok orosz fejlesztés mellett a nyugati világban az izraeli Trophy rendszer a legelterjedtebb, ugyanakkor az összes APS hasonló problémákkal küzd:

- a fenyegetések észlelését egy mikrohullámú radar végzi, amely nemcsak jelentős energiát igényel, de a kisugárzása elárulhatja a harcjármű helyzetét;
- a repesztöltetek többnyire egy-egy szektort fednek le, egy támadás sikeres elhárítása után új töltetet kell az indítóba elhelyezni, ellenkező esetben abból az irányból védtelenné válik a harcjármű;
- több egymást gyorsan követő támadással „túlterhelhető” a rendszert irányító központi egység, hiszen a lövedékek észlelése és a töltet indítása között csak néhány milliszekundum (ms) áll a rendelkezésre, amely elképesztő számítási kapacitást igényel;
- az elhárító repesztöltetek robbanása halálos veszélyt jelent a harcjármű környezetében a saját gyalogságra vagy a civilekre;
- a rendszerek vízszintesen általában 360°-os védetség biztosítanak, de többségükben egyáltalán nem védenek a felülről érkező támadások ellen.



6. ábra. Oldalnézetben jól láthatók a páncéltesten végigfutó StrikeShield aktív védelmi rendszer moduljai



7. ábra. A StrikeShield aktív védelmi rendszer minden robbanómoduljának saját érzékelője van



8. ábra. A StrikeShield – a legtöbb hasonló rendszerrel ellentétben – a felülről érkező fenyegetések elhárítására is alkalmas

A Rheinmetall Defence által kifejlesztett StrikeShield nevű rendszer ezen problémákra is részben megoldást kínál. A Magyar Honvédség eszköztárába kerülő APS az egyik legkorszerűbb rendszer. A vezérlőegység rendkívüli számítási kapacitással bír, míg a páncéltesten elhelyezett aktív fázisvezérelt radarok képalkotása igen nagy felbontású, és az eszközök kis energiaszükséglettel működtethetők. Ez a technológia lehetővé teszi, hogy a rendszer nagyon pontosan felismerje és osztályozza a fenyegetéseket.

Azokat az észlelt objektumokat, amelyek pályája nem keresztezi a harcjárművet, illetve tömegük vagy sebességük alapján (a 12,7 mm űrméretű lövedéket pl. úgyszólván a páncélzat) nem jelentenek fenyegetést, a rendszer nem veszi figyelembe. A valós fenyegetést jelentő objektumokból azonban akár többet is képes – akár több irányból is – egy-két másodpercen belül megsemmisíteni.

A rendszer részeként a Lynx a páncéltesten körben több elhárító töltetet is hordoz, de ezek minden más eddig rendszeresített APS-től eltérően nem repeszfelhővel semmisítik meg a célt, hanem egy kumulatív vágósugár segítségével. Ha egy töltetet már felhasználtak, a két szomszédos elem képes átvenni az oltalmazott szektort, így a harcjármű nem marad védtelen még legalább két lövedék elleni védekezésig. A fenyegetésként besorolt objektumokra a tűzparancsot nem a központi egység adja ki, hanem a pályaadatok alapján az elhárításra kijelölt töltet saját fotocellája. Ez a megoldás több szempontból is előnyös:

- mivel a végfázisban a töltetek autonóm módon működnek, nem terhelődik túl a központi egység;
- kisebb kisugárzott radarterhelés miatt szükséges, így a harcjármű az ellenséges rádiófelderítő eszközök számára nehezebben észlelhető;
- mivel a „tűzparancs” rövidebb utat tesz meg, a rendszer jóval gyorsabb lesz, így a többi rendszerhez képest kisebb távolságból aktiválható az elhárító kumulatív töltet.

Az a tény, hogy a töltet a harcjárműhöz közelebb aktiválódik és nem keletkezik szétszóródó repeszfelhő, biztonságosabb a környező saját gyalogság számára is. Míg a hasonló, de repeszekkel operáló rendszerek működése 30–50 méteren belül halálos veszélyt jelenthet az élőőrre, addig a StrikeShield esetében tesztekkel demonstrálták, hogy a harcjárműtől 10 méter távolságra lévő személyek már biztonságban vannak. Hogy a kis távolság ellenére a támadó objektum biztosan megsemmisüljön, a német mérnökök olyan irányított kumulatív vágósugarat alakítottak ki, amely egyfajta fűrészlapként kettévágja az érkező lövedéket.

Ahogy korábban említettük, a legtöbb APS (így az ismert orosz rendszerek vagy akár a Trophy) nem véd a felülről érkező támadások ellen. Márpedig nemcsak a támadó helikopterek, drónok támadnak felülről, de az orosz–ukrán háborúban nagy ismertségre szert tett FGM–148 Javelin rakéta is az indítást követően mintegy 50–100 méter magasra emelkedik, hogy azután a harcjárművek legkevésbé védett tetőpáncélját támadja. A StrikeShield azonban tartalmaz a páncéltest tetején elhelyezett, „felfelé” néző radarokat és kumulatív elhárító tölteteket is. Ez a TAPS (Top Attack Protection System – felülről érkező támadások elleni védelmi rendszer) jelenleg unikális módon képes az ilyen jellegű támadások ellen is védelmet nyújtani.

ÖSSZEFOGLALÁS

A Lynx harcjármű napjaink legkorszerűbb megoldásait vonultatja fel, mind a támadó fegyverzet, mind a védelmi biztosító eszközök tárházából. Ugyanakkor teljesen újra kell gondolnunk a gyalogsági harcjárművekkel kapcsolatos alkalmazási elveket, illetve a technikai kiszolgálás eljárásait is. A Lynx például egyebek között viszonylag magas profilja (3,7 méter) miatt sem alkalmas azokra a tömeges támadásokra, amelyekre a szovjet–orosz lövészpáncélosokat fejlesztették. Ehelyett fejlett elektrooptikai rendszereit kihasználva vadászharcot folytat, és az ellenséges eszközök számára beláthatatlan távolságból, pre-



cíz lövésekkel semmisítheti meg azokat. Fontos megjegyezni, hogy a csúcstechnika hatékony alkalmazásához nemcsak profi személyzet szükséges, de az új eszközök hatékony alkalmazhatósága új harceljárások, és az azokhoz kapcsolódó kiképzési tematika megalkotását is szükségessé teszi.

A csúcstechnika azonban nem csupán a teoretikusokat állítja új helyzet elé, hanem a logisztikai szakembereket is. A harcjármű és a személyzet túlélési esélyeit extrém módon megnövelő StrikeShield is problémát okoz azzal, hogy a vágótöltetek a fegyverzet rendszertanában az „akna” kategóriába tartoznak, és kezelésük, raktározásuk, alkalmazásba vételük a rendszer határait feszegeti. Nyilvánvaló, hogy az életveszélyes eszközök kiképzések alkalmazásával nem lehetnek a harcjárműveken, mert az fokozottan balesetveszélyes lenne. Létre kell tehát hozni a biztonságos tároláshoz szükséges infrastruktúrát, és a logisztika rendszerében azt az ellátási láncot, amely biztosítja, hogy a harc feladatot végrehajtó Lynx harcjárművekre a bevetés előtt (de csak akkor) felkerüljenek a repesztöltetek, majd – a korszerű repülőgépek katasztrófáiban található pirotöltetekhez hasonlóan – a bevetésből visszatérő és technikai kiszolgáláson áteső járművekről azonnal leszereljük azokat.

A harcjármű korábban említett magassága is okozhat logisztikai problémákat. A Lynxeket alapállapotban a jelenleg rendszeresített közúti trailereken nem lehet szállítani, mert a távirányított toronnyal az már meghaladná a megengedett legnagyobb magasságot. Elvileg a távirányított torony leszerelhető, de a visszaszerelés után annyi finom rendszert kellene újrakalibrálni, ami nem teszi vonzóvá ezt a megoldást. Valószínűsíthetően új, süllyesztett trailerek beszerzésére is szükség lesz tehát a jövőben.

Bízhatunk abban, hogy a magyar és a német szakemberek szakmai munkája nyomán mihamarabb megoldódnak a Lynx harcjárművekkel kapcsolatos kezdeti problémák, és mivel a tanulmányban felsorolt megoldások radikálisan megemelik az eszköz harcértékét, alkalmazásával, az előjáró feladatszabásnak eleget téve, a Magyar Honvédség valóban a térség egyik meghatározó hadereje lehet.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton mondanak köszönetet az MH Kinizsi Pál 30. Páncélozott Gyalogdandár parancsnokának és személyi állományának a tanulmány elkészítése során nyújtott támogatásáért, továbbá a fényképfelvételek biztosításáért.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] „MK 30-2/ABM”, Army Guide, <http://www.army-guide.com/eng/product3067.html> (Letöltve: 2023.3.4.);
- [2] „Rheinmetall family of medium calibre cannons”, Rheinmetall Defence. <https://www.rheinmetall.com/en/products/medium-calibre/medium-calibre-cannons> (Letöltve: 2023.3.4.);
- [3] Buckley A. és Freymond P. „Air Bursting Munition ABM Medium Calibre Applications” NDIA 45th Annual Fuze Conference, Long Beach, CA, 2001. 04. 16.;
- [4] „ABM/KETF 30MMx173 AMMUNITION/PMC308”. Rheinmetall Defence. [https://D127e0721_RWMS_ABM_KETF_30x173_PMC308_LR\(2\).pdf](https://D127e0721_RWMS_ABM_KETF_30x173_PMC308_LR(2).pdf) (Letöltve: 2023.3.4.);

- [5] „KE LR II Missile Weapon System”. Rafael, <https://www.rafael.co.il/wp-content/uploads/2019/03/Spike-LR2.pdf> (Letöltve: 2023.3.4.);
- [6] Gávay György, Tóth Bence, „Járművédelemben alkalmazott fémes baillisztikai védőelemek anyagai és geometriái”, *Hadmérnök*, 12. évf. 1. szám, 41–49. o., 2017.;
- [7] „Spike LR2 Anti-Tank Guided Missile”, Military-Today.com, http://www.military-today.com/missiles/spike_lr2.htm (Letöltve: 2023.3.4.);
- [8] „FN MAG Machine Gun”, Military-Today.com, http://www.military-today.com/firearms/fn_mag.htm (Letöltve: 2023.3.4.);
- [9] „The Lynx KF41 is armed for the future”, CZDEFENCE, <https://www.czdefence.cz/clanek/lynx-kf41-je-vyzbrojeny-pro-budoucnost> (Letöltve: 2023.3.5.);
- [10] „Seoss– Stabilized Electro-optical Sighting System”, Rheinmetall Defence, https://www.rheinmetall-defence.com/en/rheinmetall_defence/systems_and_products/c4i_systems/reconnaissance_and_sensor_systems/stabilized_electro_optical_sighting_system/index.php (Letöltve: 2023.3.4.);
- [11] „Situational Awareness System”. Rheinmetall Defence, https://www.rheinmetall.com/media/editor_media/rheinmetallag/events/ausa_2022/american_rheinmetall_systems/D1031e0721_RME_USA_SAS_LR.pdf (Letöltve: 2023.3.5.);
- [12] „Smoke protection systems for land vehicles”, Rheinmetall Defence, <https://www.rheinmetall.com/en/products/protection-systems/protection-systems-land/smoke-protection-systems>, (Letöltve: 2023.3.6.);
- [13] „Acoustic Shooter Locating System”, Rheinmetall Defence, https://www.rheinmetall-defence.com/en/rheinmetall_defence/systems_and_products/c4i_systems/reconnaissance_and_sensor_systems/asls_akustisches_schuetzen_lokalisierungssystem/index.php (Letöltve: 2023.3.6.);
- [14] Gávay György, „Napjainkban alkalmazott kerekes harcjárművek és fejlesztésük az elmúlt évtizedekben V. rész”, *Haditechnika*, 54. évf. 5. szám 27–31. o., 2020, <https://doi.org/10.23713/HT.54.5.05>;
- [15] Végvári Zsolt, „A Harckocsik védelmének fejlődése a páncéelhárítás fejlődésének tükrében és az aktív védelmi rendszerek (APS) megjelenése 1. rész”, *Haditechnika*, 52. évf. 3. szám, 35–38. o., 2018, <https://doi.org/10.23713/HT.52.3.05>.

JEGYZETEK

- 1 Ocskay István, „A Lynx harcjárműcsalád fejlesztése, technikai leírása és jövője I. rész” *Haditechnika* LIV. évf. 6. szám (2020): 52–57. <http://doi.org/10.23713/HT.54.6.11>; „II. rész” LV. évf. 1. szám (2021): 46–51. <https://doi.org/10.23713/HT.55.1.09>; „III. rész” LV. évf. 2. szám (2021): 56–62. <http://doi.org/10.23713/HT.55.2.11>
- 2 CIWS – Close-in Weapon System.
- 3 Levegőben detonáló lőszer/kinetikus energiájú időzített gyújtós.
- 4 Ernest Henri Joseph Vervier (1909–1974) belga lőfegyvertervező, a liège-i Fabrique Nationale de Herstal (FN Herstal) egykori főmérnöke. Legismertebb fejlesztései: az FN FAL (Fusil Automatique Leger – könnyű automata puska), az FN MAG (Mitrailleuse d’Appui Général – általános, támogató géppuska), az FN Minimi (Mini Mitrailleuse – mini géppuska), az FN CAL (Carabine Automatique Légère – könnyű automata gépkarabély) és az FNC (Fabrique Nationale Carabine – gépkarabély).
- 5 QBC – Quick Barrell Change – Gyors csőcserés kialakítás.

1. ábra. Az ERIP-projekt tesztpéldányát egy BTR-80 típusú páncélozott szállító harcjármű átalakításával építették meg (Fotó: A szerzők felvétele)



Tóth Péter* – Szeleczi Szilveszter**

Előretolt légi irányítás páncélozott járműből

Az ERIP-projekt

A PROJEKT CÉLJA ÉS RENDELTETÉSE

A Magyar Honvédség összhaderőnemi képességének fejlesztése a nemzeti és a szövetségi műveletek szempontjából is jelentős. Az úgynevezett *előretolt repülésirányító pont* (ERIP) projekt megvalósíthatóságával kapcsolatos fejlesztési kérdések a légi és a szárazföldi haderő

együttműködéséhez kapcsolódnak. A fejlesztés célja egy hazai ipari bázison tervezett és kialakított harcjármű, amely a különféle híradó és informatikai berendezések, navigációs eszközök alkalmazásával – az Észak-atlanti Szerződés Szervezete (NATO) alkalmazási elveinek megfelelő módon – lehetővé tenné repülőeszközök által hordozott pusztító eszközök célravezetésének koordinálását, és a saját erők

ÖSSZEFOGLALÁS: A szárazföldi harcoló erők, megfelelő tűztámogatási képesség nélkül meglehetősen kiszolgáltatottak az ellenséges erőknek. A Magyar Honvédség ez irányú képessége nemzeti és szövetségi szempontból is fontos. Az infokommunikációs technológiák sokrétű alkalmazása a speciális követelménynek megfelelő rendszerek tervezését teszi lehetővé a harcjárművekben. Összhaderőnemi műveletek esetén a valós idejű információk helyzetkép kiemelt értéket képvisel; annak technikai megteremtése korszerű technológiai támogatást igényel. A frontvonalhoz előretolt szakcsapatoknak köszönhetően a légi haderőnemi által nyújtott tűztámogatási képesség hatékonyabban kihasználható.

KULCSSZAVAK: vezetés és irányítás, ERIP, JTAC, BTR-80, tűztámogatás, haditechnikai fejlesztés

ABSTRACT: Land combat forces without fire support capabilities are quite vulnerable to enemy. The capacity of the Hungarian Defence Forces in this direction is considerably important from a national and federal point of view. The variety of military applications of infocommunication technologies for combat vehicles allows the design of systems to meet a variety of specific requirements. In the case of joint combined operations, the availability of real-time situational awareness is of paramount value and requires advanced technological support. Thanks to the forward deployment of specialized troops to the front line, the fire support capability of the air force can be used more effectively.

KEY WORDS: command and control, ERIP, JTAC, BTR-80, fire support, military technical development

* Infokommunikációs csoportvezető, HM EI Zrt., Toth.Peter@hmei.hu, ORCID: 0000-0001-8781-3554

** Tudományos kutatásért felelős koordinátor, HM EI Zrt., Szeleczi.Szilveszter@hmei.hu, ORCID: 0000-0003-2891-0527





2. ábra. Nemzetközi gyakorlaton a Magyar Honvédség előretolt repülésirányítói 2022 tavaszán, a kőröshegyi lőtérén (Forrás: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Kertész László)

harctevékenységének támogatását. Ezt az említett célravezetést és koordinálást végző személyt nevezik előretolt repülésirányítónak (Joint Terminal Attack Controller – JTAC). A JTAC a kapcsolódó NATO-terminológia szerint „egy képzett személy, aki előretolt pozícióból a földön vagy a levegőben irányítja a szárazföldi erők közvetlen légi támogatásában részt vevő harci repülőgépek tevékenységét”. [1; 73. o.] A hálózatalapú projektek tervezése az elmúlt évtizedekben jelentős fejlődésen ment keresztül, a katonai célú infokommunikációs technológiák alkalmazása mindennaposá vált a katonai műveletek végrehajtása során.

Számos olyan speciális igényű fejlesztési projekt indult el, amely a katonai erők vezetési és irányítási (Command and Control – C2) rendszerét támogatja. A szárazföldi és a légierő haderőnem együttműködését alapjaiban határozzák meg az olyan fejlesztések, mint az ERIP-projekt. Ahogy már említettük, az ERIP-harcjárművet azért hozták létre, hogy minél gyorsabb, pontosabb, valós idejű információcsere történjen a szárazföldi és a légierő haderőnem között. A koncepcionális elképzelés szerint a JTAC feladatú katona támogatására, a projekt kapcsán egy sajátos felszereltségű, speciális harcjárművet rendszeresítettek volna. A harcjármű technikai összetettségét jellemzi a beépített rádiók sokasága, a belső kommunikációs rendszerre, számítógépes hálózata, a működtetési lehetőségei és műszaki paraméterei.

A Magyar Honvédség csapatainál 2010. óta felmerült az igény a hiányzó képesség kialakítására, mivel a hadrendben tartott, és a korábbi harcászati terminológia szerinti ún. helikopter leszállító állomás (HEL/G) erre nem volt alkalmas, hanem egy korszerűbb, a NATO-kötelékben is alkalmazható eszköz, az *előretolt repülésirányító pont* komplexum rendszeresítése vált indokolttá. Az akkor beindított haderő-korszerűsítés során olyan elhatározás született, hogy az új ERIP hazai fejlesztésként valósuljon meg, így a hadműveleti követelmények megalkotása után 2014 júniusában az HM ArmCom Zrt. gödöllői telephelyén kezdődtek meg a szervezési, tervezési és beépítési munkák.

A jármű első teszt példánya a Magyar Honvédségben széles feladatkörben használt BTR–80 típusú páncélozott szállító harcjármű átalakításával valósult meg. Érdemes megemlíteni, hogy hasonló kialakítás tervei elkészültek az MB G270-es gépjármű belső terébe is, a szükséges eszközök beépítésére azonban nem állt rendelkezésre elegendő hely.

A jármű alkalmazása az úgynevezett közvetlen légi támogatás (Close Air Support – CAS) szükségessége miatt

merült fel, amellyel a repülőcsapatok szoros együttműködést tudnak kialakítani a szárazföldi erőkkel. A közvetlen légi támogatási képesség megvalósulásához a katonai műveletek vezetés- és irányítási rendszerének stabil működése szükséges. „A CAS integrált, rugalmas C2 struktúrát igényel az igények azonosításához, a támogatás kéréséhez, a konkurens igények rangsorolásához, az egységek feladatainak meghatározásához, a CAS erők célterületre történő mozgatásához, a fenyegetésre való figyelmeztetés frissítéséhez és a harci azonosítási (Combat Identification – CID) eljárásokhoz.” [2; 32. o.] Az ERIP-jármű tervezett fő feladata tehát a közvetlen légi támogatás biztosítása, a JTAC-katonák és a kapcsolódó személyzet szállítása, valamint a légierő vagy a szárazföldi haderőnem közötti infokommunikációs kapcsolatok biztosítása. A felderítést végző katona a szükséges időre kiszáll a járműből, egyéni felszerelését használja a feladat végrehajtásához, majd visszatér a védelmet nyújtó harcjárműbe.

Mindezen feladatok végrehajtásának lehetősége a NATO szövetségi műveletek kapcsán is fokozottan lényeges képesség, amely fontos fejlesztési célkitűzés a Magyar Honvédség számára. A JTAC-katona révén olyan összhaderőnemi képességek valósulnak meg, amelyek által a légierő csapatai minden eddiginél pontosabb információkat kapnak valós időben. Az ERIP-projekt kapcsán szükséges az eszközökkel és rendszerekkel szemben támasztott, valamint a személyi állománnyal kapcsolatos célok pontos meghatározása. [3; 37–38. o.]

A projektben az említett BTR–80 harcjárműben a feladatok végrehajtására 3 fő (parancsnok, toronylövész és harcjárművezető) plusz 4 fős (egy JTAC-katona, egy kommunikációs tiszt, és 2 speciális beosztású híradókatona) személyzetet terveztek. Az ERIP-harcjármű rendeltetése a harcoló alegységekkel együtt haladva olyan, a művelet szempontjából fontos terület elfoglalása, ahonnan kiváló lehetőség nyílik a repülőcsapatok koordinálására. A harcjármű feladata magas prioritású a sikeres műveletek végrehajtásában, ezért kiemelten fontos a harcjármű számára a lehető legmegfelelőbb környezet biztosítása.

Az ERIP-harcjárműben kialakításra tervezett infokommunikációs rendszer az alábbiakat hivatott biztosítani:

- a repülőeszközök csapásmérésének támogatása;
- kapcsolattartás hang- és adatkapcsolat formájában:
 - o a támogatott csapatokkal, az előljáróval, valamint a csapásmérő erőkkel;
 - o az előljáró egység légi összekötő tisztjével (Air Liaison Officer – ALO);
 - o a beérkező, légtérben elkülönített repülőeszközökkel.

Az ERIP-koncepció kétséget kizáróan hatékony elgondolás volt annak érdekében, hogy minél gyorsabb, pontosabb és hatékonyabb információcsere történjen a szárazföldi harcoló alegység és a légi haderőnem (a csapásmérő légi eszköz) között. A projekt általános célja a nemzeti és szövetségi közös műveleti helyzetkép (Common Operation Picture – COP) támogatása a 21. század kihívásoknak megfelelő technológiai lehetőségek felhasználásával.

RENDSZERTECHNIKA, ÖSSZETÉTEL ÉS ESZKÖZÖK

Az ERIP infokommunikációs rendszere adat- és hangkapcsolatokra épül. A harcjármű a feladataiból adódóan egyszerűen veszi fel a kapcsolatot hang- és adatkommunikáción keresztül a többi, releváns állomással. Az ERIP-jármű infokommunikációs rendszere a következő eszközcsoportokra osztható fel:

- rádiók;
- belső kommunikációs rendszer;
- számítógépes hálózat;
- a technikai kiszolgálás elemei.

RÁDIÓK

A harcjárművekbe építhető rádióknak meglehetősen széles választéka áll rendelkezésre. A rádiók kiválasztása annak függvénye, hogy az adott harcjárművet milyen feladatokra, milyen távolságú összeköttetésre, milyen domborzati viszonyok között kívánják alkalmazni, illetve hány darab és milyen funkciójú más állomásokkal kell az infokommunikációs kapcsolatokat kialakítani. Az ERIP esetén – a Magyar Honvédség hasonló harcjárműitől eltérően – a légi és szárazföldi erőkkel történő kapcsolattartáshoz és információcseréhez összesen hat darab rádió integrálását tervezték a harcjárműbe:

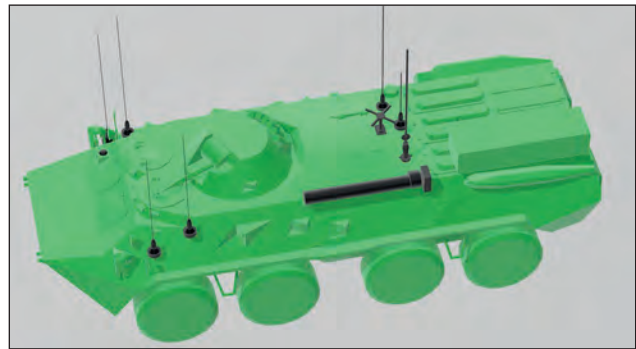
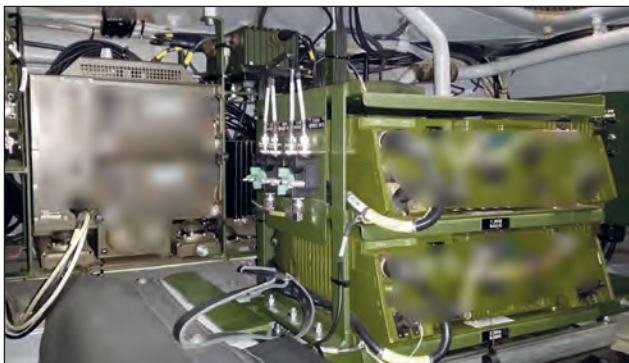
- 2 darab ultrarövidhullámú (URH) rádió a vezetési pontokkal és a támogató erőkkel történő kapcsolattartásra; (3. ábra)
- 1 darab rövidhullámú (RH) rádió a nagy távolságú rádiókapcsolatok céljára;
- 2 készlet a JAS39 Gripenekbe beépített rádió, a gép személyzetével történő kommunikáció céljára;
- 1 darab rádió a NATO-erőkkel történő kommunikációra, illetve a műholdas kapcsolattartás céljára.

A rádiókhoz tartozó antennák elhelyezése a jármű relatíve kis felszínű felületén tervezési kihívást jelentett, hiszen a toronygéppuska mellé, annak forgáskoszoróján kívüli területre a 6 darab rádióhoz összesen 9 antenna elhelyezése vált szükségessé. Ezeket egészíti ki az integrált harcvezetési rendszer számára a jármű pontos földrajzi pozíciójának meghatározását biztosító GPS vevőantennája. Az ERIP-harcjárművön összesen tehát 10 darab antenna alkalmazását tervezték. (4. ábra) A beépített URH-sávú rádiók – az antennák egymáshoz kis fizikai távolságban történő telepítéséből eredő zavaró hatások csökkentése érdekében – beépített közeltelepítési szűrőkkel rendelkeznek, ezek lehetővé teszik azok egyidejű, zavartalan üzemeltetését.

Telepített állapotában, a jármű rendkívül nagy távolságot átívelő rövidhullámú kapcsolatra is képes. Ehhez a motorter fölött rögzítve szállított, 2 darab, 10 méter magasságba kitolható, 8 tagból álló teleszkópos antenaárbc és egy ezekre rögzíthető, 15 méter hosszú dipólanterna szolgál. A dipólanterna csatlakozóját az egyik deszantajtó mellett található lőrésben helyezték el.

A járműre jellemző különleges, szélessávú antennát a Gripen repülőgépekkel történő kapcsolattartás alkalmazá-

3. ábra. A rádiók egy része a BTR-80 harcjármű küzdőterének hátuljában (A szerzők felvétele)



4. ábra. A járműtesten elhelyezett antennák (A szerzők szerkesztése)



5. ábra. A szállításhoz lefektetett, védőhuzattal ellátott szélessávú antenna (A szerzők felvétele)

sához tervezték. (5. ábra) Használaton kívül az antennatőke a géppuskatorony irányába vízszintes helyzetbe előre dönthető, rögzíthető, használat esetén függőleges helyzetbe állítható. Szállítási állapotban külön védőhuzattal is ellátták.

A jármű összmagassága több antenna esetében is meghaladja a közúti járműforgalomra vonatkozó KÖHÉM rendeletben megengedett 4 méteres magasságot [4], amely az utat keresztező elektromos távvezetékek, illetve hidak esetében gondot jelenthet. Az antennatőkék rugós talpú kivitele lehúzókötelek segítségével lehetővé teszi az antennák döntött állapotú használatát.

BELSŐ KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZER

A harcjárművekben fontos szerepet játszik a belső területben alkalmazott kommunikációs rendszer, amely a járművön belül tartózkodó személyzet egymás közötti hangkapcsolatát valósítja meg, illetve lehetővé teszi számukra a jármű rádióinak használatát. Az eszköz a belső beszélgetést a parancsnok, a toronylövész, a harcjárművezető, a kommunikációs tiszt, és a speciális beosztású híradókatónak számára egyaránt lehetővé teszi. Ez a rendszer azért is fontos, mert a változó körülmények között elengedhetetlen a stabilizált kommunikáció biztosítása az egyes katonák között, nagyobb külső hanghatás mellett is. Az ERIP-harcjárműben alkalmazott belső kommunikációs rendszer egy központi egységből (egy Linux operációs rendszert futtató célszámítógép, KOMUT 10TA) és több arra csatlakozó, különféle feladatú perifériából és munkahelyi kezelőegységekből épül fel. A központi egységre csatlakoznak a jármű rádiói, illetve a belső számítógépes hálózat is.

A kezelőegységek közül egyet a harcjármű parancsnokának munkáállomásán, egyet a harcjárművezető munkahely-





6. ábra. A belső kommunikációs rendszer kezelőegységének elhelyezése az operátori számítógép mellett (A szerzők felvétele)

lyén, egyet az irányzó és egyet a kommunikációs tiszt munkahelyén, valamint kettőt a kezelők munkahelyein helyeztek el. Az egységeken az előlapi forgatógomb 16 álláshoz külön-külön funkció rendelhető, amelyek a rendszer központi egységének programozásával, járműtípusonként testreszabottan határozhatók meg. Ezen az eszközön választhatja ki az adott munkaállomáson tartózkodó katona a beszélgetőrendszer alkalmazni kívánt funkcióját (pl. azt, hogy melyik rádiót használja). (6. ábra)

SZÁMÍTÓGÉPES HÁLÓZAT

A megfelelő vezetési és irányítási elveknek eleget téve, a korszerű informatikai eszközök is fontos szerepet játszanak az infokommunikációs hálózatban. Ahogy a Magyar Honvédség legtöbb rendszeresített harcjárművéből, úgy az ERIP-projekt tervezéséből sem hiányozhat a rádiók mellett az informatika. A harcjárműben általában több munkaállomás nélkülözhetetlen tartozéka a számítógép, amely(ek) a parancsnoki munkaállomáson kívül, általában a kezelők számára is rendelkezésre állnak. A négy katonai kivitelű, hordozható számítógépből kialakított hálózat legfontosabb

7. ábra. A kommunikációs tiszt számára kialakított munkaállomás a rádiók kezelőegységeivel és a számítógéppel (A szerzők felvétele)



elemei a járműparancsnoki, illetve a kommunikációs tiszt munkaaállomások számítógépei. (7. ábra)

A „táblagéppé” alakítható notebookok a katonai igénybevétel közben előforduló fizikai behatások ideje alatt is működésre képesek, beépített akkumulátorral rendelkeznek, így a dokkolójukból kiemelve, önállóan is alkalmazhatók. A mozgó vezetési pontokkal szemben követelményként fogalmazódott meg, hogy azok képesek legyenek a már rendszeresített mobil híradó-informatikai központokhoz történő csatlakozásra, és a centralizált szolgáltatások igénybevételére. E célra beépítettek egy speciális csatlakozót, amelyen keresztül a jármű híradó- és informatikai erőforrásai (például az azokba beépített rádiók és számítógépek) a külső felhasználók számára is rendelkezésre állhatnak. Mindezen túl, egy speciális csatlakozót helyeztek el a harcjármű mellső páncélján a kürt tartója mellett, amelyen keresztül – tábori körülmények között – a belső informatikai rendszer, külső eszközökkel is hozzáférhető.

A TECHNIKAI KISZOLGÁLÁS ELEMELI

A készlet különféle híradó-informatikai berendezései jelentős mennyiségű hőt termelnek, nyáron a jármű belső tere is felforrósodik, ezért szükségessé vált annak klimatizálása. A klíma beltéri egységét a küzdőtér mennyezetére, míg a kültéri egységet a páncéltest hátsó végére rögzítették. A kompresszor meghajtása közvetlenül a jármű motorjáról, az erre a célra beépített ékszíjas rendszerrel történik.

A jármű híradórendszereinek tápellátása a jármű generátoráról, egy erre a célra szolgáló külön akkumulátorcsoportról, vagy külső áramforrásról történhet. A híradó akkumulátorcsoport átlagos rádióforgalom mellett akár 4 óráig önálló üzemet képes biztosítani. Menet közben a harcjármű generátora tölti a híradó akkumulátorcsoportot, miközben egyidejűleg táplálni képes a híradó rendszert is. A tervek szerint a jármű álló helyzetben, külső aggregátor tápfeszültségét is képes fogadni, és azzal tölteni a belső híradó akkumulátor-csoportot a híradórendszer működtetése mellett. A járműbe épített, más mozgó vezetési pontokban is alkalmazott automata aggregátor-vezérlőegység – az üzemfolytonosság és üzembiztonság fenntartása érdekében – képes a csatlakoztatott aggregátort szükség esetén (az akkumulátorcsoport állapotától függően) automatikusan beindítani, illetve leállítani. A repülőeszközök harctéri célravezetéséhez szükséges eszközök (lézertáv mérők, céljelölők, hordozható rádiók) akkumulátortöltőt is helyet kaptak a járműben, ezek a jármű saját energiaellátó rendszeréről kapnak táplálást.

A járműhöz készletezett eszközök tárolására a belső, amúgy is szűkös hely kevésnek bizonyult. A műveleti irányító eszközök, a külső tápellátás és a tábori telepített állapotban használt vezetékes kommunikáció kábelkészletének tárolására, valamint az egyéb funkciójú felszerelések védett elhelyezésére a jármű felső felületén egy nagy méretű tárolóládát szereltek fel.

ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEK

Az ERIP-harcjármű képessége a frontvonalai harc támogatásában valósult volna meg. A légi erő repülőeszközeinek gyors, sokszor meglepetésszerű támadást kell végrehajtaniuk.

„...a világ számos területén jelenleg is folyó hadműveletekben az összhaderőnemi tűztámogatás végrehajtásakor a levegő-föld csapások hatékonyságát előretolt repülésirá-



8. ábra. JTAC-katonák gyakorlat közben [7]

nyítók alkalmazásával növelik, és ez a tendencia – ismerte a korábbi háborúk eseményeit – a következő hadműveletekben nagy valószínűséggel még inkább megfigyelhető lesz.” [5; 8. o.] Az ERIP-harcjármű tervezett funkciója szerint a lehető legközelebb kerül az ellenséges csapatokhoz, majd a JTAC-katonák elkezdik az információk begyűjtését és továbbítását a légierő számára, amely mindezek alapján végrehajtja a feladatait.

„A JTAC legfontosabb, operatív feladata a rávezetés, amelyből három alaptípust különböztetünk meg: 1-es típusú rávezetés, amelynek során az irányító egyszerű rácsapásokat engedélyez meghatározott célokra, az irányító közvetlenül látja a célt, a támogató repülőgépet a fegyveralkalmazás pillanatában és a gépszemélyzet is látja a célt a tüzelés pillanatában. 2-es típusú rávezetés, amelynek során az irányító szintén egyszerű rácsapásokat engedélyez meghatározott célokra, viszont elképzelhető, hogy egy, két vagy egyik feltétel sem teljesül az 1-es típusú rávezetés kritériumai közül. 3-as típusú rávezetés, amelyet szoktak procedural controlnak is nevezni. Ezekben az esetekben a baráti tűz és a civil áldozatok esélye minimális. Ennél a rávezetési típusnál többszörös rácsapást engedélyez az irányító. Itt sem szükséges látnia a célt vagy a támogató gépet, de folyamatos koordinációt kell folytatnia a szárazföldi erő törzsével a saját csapatok elhelyezkedéséről, mozgásáról. Amennyiben lehetőség van videojel vételére, akkor a JTAC-nek arra alkalmas eszközzel nyomon kell követnie a feladat végrehajtását.” [6; 127. o.]

A Magyar Honvédség már jó ideje fejleszti a JTAC, s vele a komplex előretolt repülésirányító képességét, amelyet számos, NATO-tagországokkal közösen végzett gyakorlaton tesztelnek. A szövetségi gyakorlatok egyértelműen sokrétűbb erők és eszközök tesztelését teszik lehetővé.

ÖSSZEGRÖZÉS

A nemzetközi hadszíntereken megfigyelhető, hogy a katonai erők előretolt repülésirányító képessége sokat fejlődött az utóbbi időben. A speciális harcjárművek és a felderítési információk megszerzésének elképzelései fontos elemei a modernkori hadviselésnek.

Az ERIP, sajátos infokommunikációs rendszere által adat- és hangkommunikációs kapcsolatokat egyaránt szolgáltat, amelyekkel megfelelő információkkal látja el a légierő haderőnemet, miközben a páncélozott jármű funkcionális és biztonsági szerepet tölt be a JTAC-katona és a személyzet többi tagja számára.

A projekt keretében kidolgozott járművet végül nem állították rendszerbe, de az ERIP-jármű képességei várhatóan a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program (HHP) során újonnan beszerzett járművek bázisán – a Lynx vagy a Gidrán harcjárművekbe építve – megvalósulnak. Az ERIP-harcjármű immár egy kidolgozott elképzelés a Magyar Honvédség komplex összehaderőnemi együttműködési képességeinek területén. A bemutatott ERIP-harcjárműben tetten érhetők azok a fejlesztési irányvonalak, amelyek megvalósulásával a kapcsolódó felderítési célú feladatok végrehajthatók. A megvalósításhoz a Magyar Honvédség folyamatosan a legkorszerűbb berendezések beszerzését tervezi. A tanulmányban bemutatott koncepció kiváló kiindulási alap az aktuális, valamint a jövőbeli fejlesztési folyamatokhoz.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] AAP-06 Edition 2021 NATO Glossary of terms and definitions.
https://standard.di.mod.bg/pls/mstd/MSTD.blob_upload_download_routines.download_blob?p_id=281&p_table_name=d_ref_documents&p_file_name_column_name=file_name&p_mime_type_column_name=mime_type&p_blob_column_name=contents&p_app_id=600 (Letöltve: 2023.3.28.);
- [2] USA Védelmi Minisztérium: Joint Publication 3-09.3, Close Air Support 2014.
https://irp.fas.org/doddir/dod/jp3_09_3.pdf (Letöltve: 2023.3.28.);
- [3] Lesták Tamás. Évtizedes késéssel érkező légi támogatás? Az Egyesült Államok Légierőjének (USAF) fejlesztése az aszimmetrikus hadműveleti igények alapján a Light Attack Aircraft beszerzési program során. Hadtudományi Szemle 14. évfolyam (2021) 2. szám 29–43. doi: 10.32563/hsz.2021.2.3
http://real.mtak.hu/128735/1/03_Lestak_29-43_HSZ_2021_2.pdf (Letöltve: 2023.3.28.);
- [4] 6/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet a közúti járművek forgalomba helyezésének és forgalomban tartásának műszaki feltételeiről 5. § (1)
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99000006.koh> (Letöltve: 2023.3.28.);
- [5] Mógó Tamás. A magyar előretolt repülésirányító (JTAC/FAC) program értékelése a kettős felmérés tükrében. Repüléstudományi Közlemények XXVI. évf. 2014. 3. pp. 7–14.;
- [6] Palik Máttyás (szerk.). A repülésirányítás alapjai 2018. Dialóg Campus Kiadó Budapest ISBN 978-615-5889-43-1 (nyomtatott);
- [7] Hellán Andrea. Két lépést előre,
<https://honvedelem.hu/hirek/ket-lepest-elore.html> (Letöltve: 2022.11.15.).

1. ábra. A belga Discovery helikopter UAV farokrotor reduktora 3D-s nyomtatott karbonszálás poliamidból készül [22]



Hegedűs Ernő*

Szálerősítéses anyagok 3D-s nyomtatásának hadiipari alkalmazási lehetőségei **I. rész**

UAV-k és könnyű járművek a haderőben és a katonai logisztikában

BEVEZETÉS

A kétrészes cikksorozat a szálerősítéses anyagok 3D-s nyomtatásának alkalmazási lehetőségeit vizsgálja. A vágott (és) vagy folyamatos szálerősítésű kompozit műanyagok nyomtatásának terjedése a 3D-s műanyag nyomtatásban olyan új alapanyagot jelentenek, amelyek szilárdsága megközelítheti a könnyűfémekét. Kiemelt vizsgálati szempont a szerkezeti elemek tömegcsökkentésének lehetősége,

amely elsősorban a repülőiparban és az olyan tömegérzékeny konstrukciójú könnyű járművek esetében releváns, mint pl. az elektromos motorkerékpárok. Tekintettel a 3D-s nyomtatás UAV-k (Unmanned Aerial Vehicle – ember nélküli légi jármű) gyártásában betöltött növekvő szerepére, a cikksorozatban vizsgált főbb területek:

- UAV-k és egyes könnyű járművek konstrukciós tömegérzékenysége a terhelhetőség és a hatótávolság tekintetében; a 3D-s nyomtatás szerepe és lehetősége,

ÖSSZEFOGLALÁS: A cikksorozat a szálerősítéses anyagok 3D-s nyomtatásának alkalmazási lehetőségeit vizsgálja. Kiemelt vizsgálati szempont a szerkezeti elemek tömegcsökkentésének lehetősége, amely elsősorban a repülőiparban, az UAV-gyártásban és az olyan tömegérzékeny konstrukciójú könnyű járművek esetében releváns, mint pl. az elektromos motorkerékpárok.

ABSTRACT: This series of articles explores the potential applications of 3D printing of fibre-reinforced materials. A particular area of investigation is the potential for weight reduction of structural components, which is particularly relevant in the aerospace industry - nowadays often in UAV manufacturing - and for lightweight vehicles with weight-sensitive designs such as electric motorcycles.

KULCSSZAVAK: 3D-s nyomtatás, szálerősítésű anyagok, repülőipar, katonai logisztika, haditechnika, UAV, könnyű jármű

KEY WORDS: 3D printing, fibre-reinforced materials, aerospace, military logistics, military technology, UAV, light vehicle

* Adjunktus, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztviselőképző Kar, Haditechnikai Tanszék. ORCID: 0000-0001-8457-5044

gei, a szerkezeti elemek gyárthatósága szálerősítéses 3D-s nyomtatással kisebb tömegű, de nagyobb szilárdságú kivitelben;

- az UAV-k és könnyű járművek sérülékenysége a katonai alkalmazás során és a könnyen sérülő, leggyakrabban cserélendő alkatrészek (pl. légcsavar, különféle borítások) pótlása területén a 3D-s nyomtatás szerepe (az üzemen tartás és a katonai logisztika, a hadszíntéri pótalkatrész-ellátás területeihez kötődően).

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”¹ tárgyú kutatása kiemelt kutatási terület, amelynek célja a 3D-s nyomtatás katonai aspektusainak kutatása és oktatása. A 3D-s nyomtatók használatát elsajátító honvéd tisztjelöltek úgy kerülhetnek ki az egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Karáról, hogy felkészültek egy, a Magyar Honvédség számára kiemelt fontosságú technológia alkalmazására. A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program során létrehozott hadiipari üzemek a 3D-s nyomtatás technológiáit már alkalmazzák. Ez az eljárás napjainkban találja meg a helyét, mind a haderőben (a katonai logisztika és az üzemen tartás területén), mind a hadiiparban. [1] E folyamatot támogatja az NKE HHK TKP (Tématerületi Kiválósági Program) pályázati kutatása. Katonai szempontból például 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). [2] Ilyen helyzetben jelentős segítséget nyújthat 3D-s nyomtatás helyszíni alkalmazása a pótalkatrész előállítás érdekében (a biztonságtechnikai és más szabályzók betartása mellett). [3]

KOMPOZITANYAGOK ÉS A KOMPOZIT 3D-S NYOMTATÁS A REPÜLŐIPARBAN

Az utóbbi évtizedekben a kompozitanyagok a repülőiparban, a sárkányszerkezetek gyártása területén folyamatosan növekvő arányban szerepelnek, fokozatosan kiváltva az alumínium alapú szerkezeti anyagokat. A Boeing 787 Dreamliner és az Airbus A350 típusú repülőgépek sárkányszerkezet tömegének már mintegy 50%-a például szálerősítésű kompozit anyag. Az Airbus szintén széles körben alkalmaz különféle szálerősítésű kompozitanyagokat, köztük prepreg (fékezett térhálószálalattal összekevert műgyantával átitatott szövet, kompozit előgyártmány tekercs alakban tárolva) technológiájukat is. A negyedik generációs SAAB JAS-39 Gripen harcirepülőgép sárkányszerkezetének mintegy 30%-a kompozit anyagokból áll. A C-17-es katonai szállítórepülőgép alapvetően alumínium-ötvözet sárkányszerkezetében – a főbb területeket említve – az alábbi helyeken található szálerősítésű kompozit elemeket:

- a lokátor burkolata a törzsorr-részben (üvegszál);
- a hajtómű burkolólemezei (szénszál);
- a szárny-törzs átmenet borítólemezei és a wingletek (aerodinamikailag optimalizált szárnyvégi záróelem) továbbá a törzsnívűlvány zárókúp (szénszál, aramid);
- a szárny-mechanizáció egyes burkolatainak szendvicsszerkezetű elemei (szénszál);
- a hajtóműtartó konzolok és a függőleges, illetve vízszintes vezérsíkok belépőelei (aramid);
- a futóműgondolák esetleges köfelverődésnek kitett felületein alkalmazott szálerősítésű kompozit réteg (tábori leszállósávról történő üzemelés esetén).

A műanyag 3D-s nyomtatásnál megkülönböztetünk homogén műanyag, és szálerősítésű műanyag termékeket. 2019-ben az ipari 3D-s nyomtatott termékek 18,9%-át a repülőiparban használták fel. [4] A szálerősítéses 3D-s nyomtatott műanyag alkatrészek részben azért is váltak alkalmassá a repülőiparban történő felhasználásra, mert napjainkra szilárdságuk megközelíti az alumínium alkatrészekét. Az 1970-es évek óta ismert, hogy a 30% üvegszál-kitöltéssel erősített poliamid sűrűsége mindössze 20%-kal növekszik, miközben fajlagos szakítószilárdsága több mint a kétszeresére nő. [5] Napjainkban a 3D-s nyomtatók képesek lehetnek folyamatos üvegszál-erősítést, illetve vágott vagy folyamatos szénszál-erősítést beépíteni a nyomtatott termékbe.

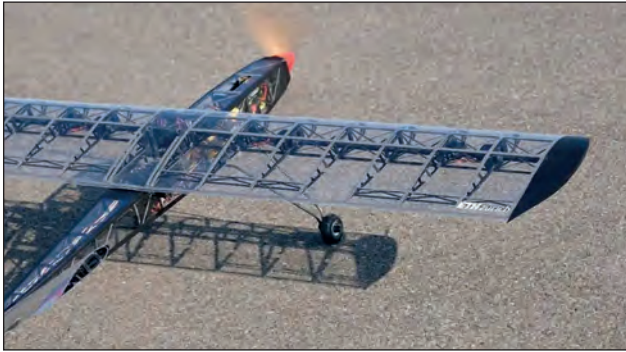
A Stratasys kompozitgyártásra optimalizált nyomtatóiban alkalmazott SR-30 vágott szénszál-erősítésű poliamid (PA12), FDM (Fused Deposition Modeling – olvasztható anyag felhordása rétegenként) Nylon 12CF például 70%-kal könnyebb az alumíniumnál, miközben szilárdsága 76–83 MPa. [6] Erősítésére 35% vágott szénszálalattal alkalmaztak, amely az alapanyag szilárdságát megkétszerezte. A Nylon 12CF kompozitanyag a Stratasys Fortus450 és az F900 additív gyártóberendezéseken alkalmazható. [7] A Stratasys F-széria CR additív gyártóberendezésén az ABS-CF10 és a Nylon-CF10 szálerősített alapanyagok érhetőek el. A Stratasys kisebb, F123 sorozatú nyomtatóiban 10 térfogatszázalék szénszál tartalmú alapanyagok érhetőek el ABS vagy Nylon (PA) mátrixanyagba ágyazva. Mindegyik alapanyagmátrix fontos ismérve, hogy a kritikus szálhosszúság többszörösével dolgoznak, így tudnak megfelelő erősítő hatást elérni. A Nylon 12CF anyagot a repülőiparban is alkalmazzák „mivel képes a szálerősítésű kompozitanyagok és Kevlar-termékek kiváltására olyan módon, hogy FDM eljárással azoknál jóval komplexebb geometriákat valósíthat meg”. [8]

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai Tanszék kompozitnyomtatásra Markforged Onyx Pro nyomtatót alkalmaz, amelynek munkatere 320×130×160 mm, a létrehozott rétegvastagság: 100–200 µm. Az eszköz képes folyamatos szálerősítéses munkadarabok nyomtatására. Az alkalmazott Onyx mátrixanyag: nylon (PA6 poliamid), rövid (vágott) szálú szénszál-erősítéssel (szakító szilárdság 40 MPa, hajlítási szilárdsága 90 MPa). [9] Ebben helyezik el a folyamatos szálerősítést. A mátrixszál kompozitszerkezet maximális szilárdsága üvegszállal erősített alapanyaggal 200 MPa, míg nagyszilárdságú HSHT (High Strength High Temperature) üvegszál esetében 400 MPa. A fejlettebb Markforged nyomtatók folyamatos szénszál-erősítésű Onyx alapanyaggal 550 MPa szilárdságot érnek el. A nyomtató képes folyamatos szálerősítéssel zárt cellák létrehozására is. E képességek alkalmassá tehetik a nyomtatót és szálerősítésű alapanyagát pl. egyes UAV-, és könnyűjármű-alkatrészek szerkezetitömeg-optimalizált formában történő gyártására is. A folyamatos és vágott szálerősítéssel is dolgozó technológia helyenként alumínium alkatrészek kiváltását is lehetővé teheti.

A JaggerBot cég P3-44 3D nyomtatóját úgy alakították ki, hogy képes legyen a DSM² üvegszál-erősítésű Arnite AM8527 (G) PET granulátumának feldolgozására.

Az Arkema cég a svájci 9T Labs kisvállalattal működik együtt, amely a szénszál-erősítésű kompozit alkatrészek gyártásával foglalkozik, jelenleg a cég Kepstan márkanévű PEEK (poli[éter-éter-keton]) polimerének fejlesztését végzi. A 9T Labs 2018-ban alakult az ETH Zurich³-ból kiválva; a cég kifejlesztette a 3D-s nyomtatású termékekben az optimális szálrendezést kialakítani képes Fibrify szoftvert.





2. ábra. A 9T Labs által szénszálerősítéses 3D-s nyomtatás-technológiával gyártott UAV szárnya szabályozottan elcsavarható [24]

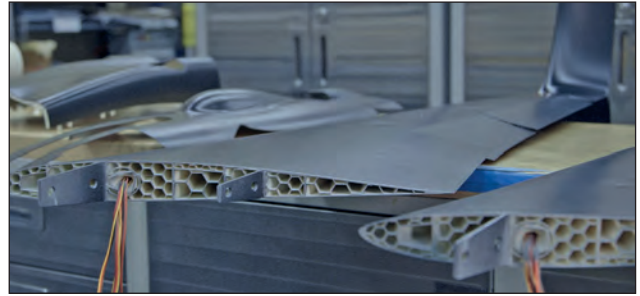
A 9T Labs Red Series szolgáltatása kombinálja a szoftvert, a 3D-s nyomtató berendezést és a műszaki támogatást, továbbá az alapanyagokat is, köztük az adalékotlan polimer huzalt és a kompozitok kialakításához szükséges erősítő szájakat. Így megvalósítható a szénszál erősítésű kompozitok 3D-s nyomtatása az FML/FFF (Fiber Metal Laminate/Fused Filament Fabrication) technológiával. [10] A 9T Labs által szénszálerősítéses 3D-s nyomtatás technológiával gyártott UAV flexibilis, rugalmas anyagú szárnya szabályozottan elcsavarható (aktív alakvezérlésű szárny) – ezzel a csűrőkormány elhagyható, amely egyszerűsíti a szerkezetet és csökkenti a tömeget. [11] (2. ábra)

Mindemellett szálerősítés nélküli műanyag 3D-s nyomtatott alkatrészeket is széles körben felhasználnak a különböző repülőgépeken. Erre példa, hogy az Airbus utasszállítórepülőgépek fedélzetén ma már több száz, jellemzően nem teherviselő 3D-s nyomtatott alkatrész (például elektromos csatlakozó) található. [12]

A 3D-S NYOMTATÁS ÉS A REPÜLŐIPAR ÁLTAL PREFERÁLT SZERKEZETIELEM-TÖMEGCSÖKKENTÉS

A szerkezeti elemek tömeg-csökkentésének fő területe a repülőipar. Repülőgépek tervezése és gyártása során kulcsfontosságú a szerkezeti tömeg alacsony szinten tartása, a tömegcsökkentés, amely a hasznos terhelhetőség, a hatótávolság, a gazdaságosság (üzemanyag-fogyasztás), és a szén-dioxid-kibocsátásra, esetleg a sebesség növelésének egyidejű eszköze lehet.

A szálerősítésű 3D-s nyomtatás alkalmazásával felmerülhet új alkatrész tervezése kisebb tömegű, illetve nagyobb szilárdságú kivitelben. Az ilyen szerkezeti elemek repülőipari célú felhasználására – az iparágra jellemző komplex és szigorú minőségbiztosítási és biztonsági követelmények miatt – napjainkban elsősorban a pilóta nélküli repülőeszközök világában kerül sor. (Mindemellett jelentős a 3D-s nyomtatott alkatrészek felhasználása a fedélzetükön emberrel repülő légi járműveken is.) Az UAV napjaink hadviselésének kiemelkedően fontos eszköze, amelyre a 2020. évi azeri–örmény háború és a 2022–2023. évi orosz–ukrán háború tapasztalatai egyaránt rávilágítottak, hiszen napjaink háborúira az UAV-k tömeges alkalmazása jellemző. Az UAV-k fejlesztése területén – az European Defense Found pályázati leírása alapján – e rendszerek leginkább korlátozott képessége a hasznos teher hordozásának mértéke ... az additív gyártás technológiája azonban lehetővé teszi a megfelelő paraméterek megvalósítását”. [13] Az elemzés rámutat a 3D-s nyomtatás eredményes alkalmazhatóságára a szerkezeti tömeg csökkentése területén.



3. ábra. Az Aurora Flight Sciences UAV 3D-s nyomtatással gyártott szárnya [25]

A Rotors and Cams Kft. UAV-fejlesztési és gyártási tevékenysége (MilVércse, ProTar, M6E, SECOP X-4, JANUS X-4, X-8, Gigarotor-6, MV03/MV04, Flyranger 5 UAV-k) során szintén alkalmaz 3D-s nyomtatási technológiát. [14] A belga Flying-Cam Discovery helikopter UAV tömege 75 kg, a farokrotor reduktora 3D-s nyomtatott karbonszálás poliamid – amely lehetővé tette a szerkezeti tömeg csökkentését. [15] (1. ábra)

A 3D-s nyomtatás gyártástechnológiának más előnyös tulajdonságai is felmerülnek az UAV-gyártásban. Dr. Németh András cikkében rámutat a 3D-s nyomtatás-technológia alkalmazásának szerepére az antennák UAV-sárkányszerkezetbe integrálhatóságában. [16]

Az Aurora Flight Sciences immár 30 éve UAV-kat fejleszt mind polgári, mind katonai célokra. A folyamatosan növekvő megrendelői igények kielégítése érdekében a kutató-fejlesztő részlegük a Stratasys 3D-s nyomtatási technológiáit is egyre gyakrabban használja alkatrészek és szerzőmök gyártására. Az Aurora és a Stratasys mérnökei újabb egy még ambiciózusabb projektbe kezdtek: egy sugárhajtású, tolóerővektor-eltérítéses, csupaszárny, távirányítással vezérelt repülőgépet építenek. A gép a 98 N tolóerővel rendelkező gázturbinás hajtóműve és a tolóerővektor-eltérítő mechanizmus biztosítja a nagy sebességét és irányíthatóságát. Az UAV szárnyfesztávolsága 2,9 méter, tömege 6,4 kg. A 240 km/h maximális sebességre képes UAV 34 elemből épül fel, ebből 26 készült 3D-s nyomtatással, amelyek a gép tömegének 80%-át teszik ki. Az UAV 3D-s nyomtatott alkatrészei, főbb részegységei: a két szárnyvég, a két szárnyszelvény, a repülőgép törzse, a hasznos teher modul és az üzemanyagtartály, illetve a tolóerővektor-eltérítő mechanizmus. [17]

Az Aurora Flight Sciences UAV gyártásához Stratasys Fortus 3D-s nyomtatókat használtak az ASA termoplaszt alapanyagú szárny és géptörzs legyártására. Az üzemanyagtartály nylon alapanyagból, lézer szinterézéssel készült, a szívócsatorna fedelét ULTEM⁴ 1010 termoplaszt 3D-s nyomtatásával gyártották le. [18] (4. ábra)

A HM Elektronikai, Logisztikai és Vagyonkezelő Zrt. évtizedek óta foglalkozik UAV-k fejlesztésével és gyártásával, amelyekhez 3D-s nyomtatott alkatrészeket is felhasználnak. Ezeket Craftbot Plus típusú 3D-s nyomtatóval állítja elő a HM EI Zrt. Repülési Divíziója, pilóta nélküli repülőeszközök gyártó műhelyében. (5. ábra)

A pilóta nélküli repülőgépek fejlesztése, illetve az azokhoz köthető elektronikai, távközlési, robotpilóta-fejlesztések kapcsán meg kell említeni a BHE (Bonn Hungary Electric) Kft.-t, amely jelentős fejlesztési munkát végzett e területen. 2018-tól az NKE HHK Szolnoki Repülőműszaki Intézete a BHE UAV-val folytat kutatásokat, és azokhoz gyártanak 3D-s nyomtatással alkatrészeket. [19] „A 3D nyomtatás ... az additív technológia tökéletesen alkalmas arra, hogy akár bonyolult szerkezetű pilóta nélküli légi-



4. ábra. Az Aurora Flight Sciences gázturbinás UAV szerkezetének 80%-át 3D-s nyomtatással állították elő [26]



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

járművek... sárkányszerkezetét és egyéb kiegészítő elemeit állítsunk elő. Kutatásunk során a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék UAV laborjában tevékenykedtünk, ahol minden feltétel adott volt a munkánk elvégzéséhez. Kutatásunk folyamán a laborban található CraftUnique CraftBot XL 3D nyomtatót használtuk, mely megítélésünk szerint teljes mértékben kielégítette minden igényünket, amire a munkánk folyamán szükség volt. Ennek eredményeképpen elmondható, hogy – a jelenlegi online oktatás körülményeit figyelembe véve – hozzávetőlegesen egy hónap alatt létrehoztunk egy javarészt saját készítésű pilóta nélküli légi járművet a 3D nyomtatási technológia segítségével.” [20] [21]

A 2022-től zajló orosz–ukrán háború során bebizonyosodott, hogy katonai szempontból kiemelt fontosságúak a polgári alkalmazású UAV-átalakítások (felfegyverzett UAV-vá alakítás), amely folyamatban – kiegészítő állványok, csatlakozóelemek stb. gyártásában fontos szerephez jut a kis szerkezeti tömeget biztosító és egyedi, vagy kis szélességi 3D-s nyomtatás. UAV kiegészítő szerelvények (részben) 3D-s nyomtatott formában történő gyártására hazai kutatási példák is ismertek (pl. UAV-teherkonténer). [22]

A cikk 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.



(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Zentay Péter, Hegedűs Ernő, Végvári Zsolt. A 3D-s nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei I. rész. *Haditechnika* 56. évf. 6. szám pp. 56–60 (2022). DOI: 10.23713/HT.56.6.09;
- [2] Gyarmati József. Az üzemfenntartás speciális katonai követelményei. *Haditechnika* 53. évf. 4. szám pp. 3–10. (2019);
- [3] Rákosi Sára, Sebők István, Szalai Tamás, Vég Róbert László. A 3D-nyomtatás biztonságtechnikai és környezetvédelmi aspektusai. *Műszaki Katonai Közlöny* 33. évf. 1. szám pp. 133–148. (2023);
- [4] Diederichs, Hans. *Investors meet additive manufacturing*. Market Steel, 2019;
- [5] Hildebrand, Christfried. *Műanyagok az építészetben*. Műszaki Könyvkiadó, 1977. p. 299.;
- [6] FDM Nylon 12CF (Carbon Fiber) Data Sheet 2021. https://www.stratasys.com/siteassets/materials/materials-catalog/fdm-materials/nylon-12cf/mds_fdm_nylon-12cf_0921a.pdf?v=48e2e4 (Letöltve: 2023.4.26.);
- [7] Varinex Industrial 3D printing - Additív gyártás és 3D nyomtatás 5 ipari technológiával. <https://3dnyomtatás.varinex.hu/> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [8] Kushan, Melih Cemal. *Aircraft Technology*. IntechOpen, 2018. ISBN-13: 978-1789236446 p. 161.;
- [9] Composites. <https://static.markforged.com/downloads/composites-data-sheet.pdf> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [10] Füzes László. *Műanyagok feldolgozása, additív technológiák – Egyre népszerűbb a 3D nyomtatás*. <https://quattroplast.hu/muanyagipariszemle/2020/05/egyre-nepszerubb-a-3d-nyomtatás-11.pdf> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [11] Fasel, U., Keidel D., Baumann, L. et al. Composite additive manufacturing of morphing aerospace structures. *Manufacturing Letters*. Volume 23, January 2020, pp. 85–88. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2019.12.004>;
- [12] 3D nyomtatóval készülnek az Airbus A350-es alkatrészei. (2018.09.26.) <https://www.jetfly.hu/polgari-tipusok/3d-nyomtatoval-keszulnek-az-airbus-a350-es-alkatreszei> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [13] Additive Manufacturing of Lightweight Laser Target Designator <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/44181033/101102480/EDF> (Letöltve: 2023.4.20.);
- [14] Rotors and Cams Kft. <https://rotorsandcams.com/> (Letöltve: 2023.4.20.);
- [15] Nehls, Grace. 3D-printed composite tail rotor gear box housing enhances Discovery super drone. *CompositesWorld* 2022.09.21. <https://www.compositesworld.com/news/3d-printed-composite-tail-rotor-gear-box-housing-enhances-discovery-super-drone> (Letöltve: 2023.4.20.);
- [16] Gál Bence, Németh András. Additív gyártástechnológiák katonai alkalmazásának vizsgálata, különös tekintettel a katonai elektronika területére *Hadmérnök* XIV. Évfolyam 1. szám – 2019. március http://hadmernok.hu/191_19_gal.pdf (Letöltve: 2023.4.26.);



- [17] CNC Media: A repülés jövőjét formálva <https://www.cnc.hu/2016/03/a-repules-jovojet-formalva/> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [18] <https://www.aurora.aero/applied-research-and-development/> (Letöltve: 2023.5.3.);
- [19] „Komplett merevszárnyas UAS kísérleti repülőeszköz rendszer beszerzése” Két UAS merevszárnyas kísérleti repülőeszköz készlet. GINOP 2.3.2-15-2016-00007. BHE Bonn Hungary Elektronikai Korlátolt Felelősségű Társaság. Közbeszerzési Értesítő 2018/31.;
- [20] Gajdács László, Szűcs Viktor Dániel. A 3D additív nyomtatási technológia jelene és jövője a pilóta nélküli légi járművek gyártásában. Repüléstudományi Konferencia 2021. <https://ludevent.uni-nke.hu/event/723/contributions/1023/> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [21] Gajdács László, Szűcs Viktor. A 3D nyomtatás lehetőségei a repülőgépiparban. Repüléstudományi Közlemények 2020. január, 32. évf. 2. szám pp. 97–104. <https://doi.org/10.32560/rk.2020.2.7;>
- [22] 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.);
- [23] Forrás: <https://www.compositesworld.com/news/3d-printed-composite-tail-rotor-gear-box-housing-enhances-discovery-super-drone> (Letöltve: 2023.4.20.);
- [24] Forrás: Researchers Create 3D Printed Morphing Composites Drone <https://www.compositestoday.com/2020/01/researchers-create-3d-printed-morphing-composites-drone/> (Letöltve: 2023.4.20.);
- [25] Forrás: Aurora Flight Sciences, Stratasys 3D print jet UAV <https://www.aerospacemanufacturinganddesign.com/article/aurora-flight-sciences-stratasys-3d-print-jet-uav/> (Letöltve: 2023.4.20.);
- [26] Forrás: Ian Sheppard: Stratasys Prints, Builds, Flies A UAV <https://www.ainonline.com/aviation-news/aerospace/2015-11-09/stratasys-prints-builds-flies-uav> (Letöltve: 2023.4.20.).

JEGYZETEK

- 1 Tématerületi Kiválósági Program TKP2021-NVA-16 – Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal.
- 2 A DSM-et 1902-ben hozta létre a holland kormány a déli Limburg tartomány szénkészleteinek bányászatára. A cég neve a Nederlandse Staatsmijnennek (Holland Állami Bányák) angol fordításából származik: Dutch State Mines.
- 3 Az ETH Swiss Federal Institute of Technology in Zürich (Eidgenössische Technische Hochschule Zürich) Svájci Szövetségi Technológiai Intézet.
- 4 A SABIC Innovative Plastics által gyártott Ultem®, egy poliéterimid (PEI) a poliimidek közé tartozó amorf szerkezetű polimer, hőre lágyuló műanyag.

A lapunk posztermellékletén látható Panzerhaubitze (PzH) 2000HU önjáró löveg főbb harcászati-műszaki adatai:

Kezelőszemélyzet [fő]	max. 5 fő (parancsnok, vezető, irányzó, 2 fő töltőkezelő)	
Hosszúság [m]	teljes, lövegcsővel előre	11,67
	páncéltest	7,30
Szélesség [m]	teljes	3,58
	kötény nélkül	3,37
Magasság [m]	teljes	3,46
	géppuskaállvány nélkül	3,06
Hasmagasság [m]	0,44	
Láncalpj [m]	szélessége	0,55
	felfekvő hosszúság	4,91
Tömeg [t]	üres tömeg	49
	harc tömeg	55,33
Erőforrás [kW]	típusa	MTU 881 dízelmotor
	teljesítmény	735 (1000 LE)
Nyomatékváltó	Renk HSWL 284, automata, 4 előre-, 2 hátrameneti fokozat	
Felfüggesztés	torziós rugós, lengőkaros	
Fajlagos teljesítmény [kW/t]	13 (18 LE/t)	
Sebesség (max.) [km/h]	60	
Hatótávolság [km]	420	
Emelkedő-kapaszkodó képesség	50%	
Oldaldőlés	25%	
Lépcsómászó képesség [m]	1	
Árokáthidaló képesség [m]	3	
Fegyverzet	fő	155 mm-es L/52-es ágyútarack
	másodlagos	7,62 mm-es MG3 típusú géppuska
	ködgránátvetők	2x4 db, 76 mm-es gránátvető

* Forrás: IHS Jane's Land warfare Platforms: Artillery & Air Defense 2016–2017

Horváthné Tóth Zsuzsanna* – Horváth Tibor**

Mueller Othmár Robbantástechnikai Különgyűjtemény

A Nemzeti Közzolgálati Egyetem Egyetemi Könyvtár Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Kari Könyvtára gondozza Közép-Európa legnagyobb robbantástechnikai gyűjteményét. A több mint 26 000 dokumentumból álló gyűjteményt DDr. Mueller Othmár, a hadtudomány kandidátusa¹ végakaratóban a könyvtár jogelőd intézményére, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Egyetemi Központi Könyvtárára hagyta. Özv. Mueller Othmárné 2003. január 8-án, az Egyetem rektoránk címzett adományozó levelében az alábbiakat írta: „Szeretett férjem, dr. Mueller Othmár, 2002. december 11-én, betegség következtében váratlanul elhunyt. Végakarata szerint, az általa 1969-ben alapított, és azóta folyamatosan bővített, Európában egyedülálló Robbantástechnikai Szakkönyvtárat, az általa szakmailag legilletékesebbnek tartott kutatóhelynek, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemnek adományozta, az Önnel 1990-ben folytatott megbeszélés alapján. A több mint 30 éves könyvtár könyvállománya mintegy 26 ezer kötet. A könyvek osztálya, a világon kb. 1860 óta megjelent robbantástechnikai, valamint robbanóanyagokkal (részben vagy egészében) foglalkozó könyveket és egyedi kiadványokat (pl. tanulmányokat) tartalmazza

eredetiben vagy másolatban. Ezen kívül, mintegy 30 ezer vonatkozó cikkgyűjtemény, sok ezer prospektus és katalógus, diafilmsorozat, videofilm is található katalogizáltan.” [1] Prof. Dr. Szabó Miklós akadémikus, az egyetem rektora válaszelevelében ez olvasható: „Tisztelt Asszonyom! Először engedje meg, hogy ezúton is részvételem fejezzem ki férje halála miatt. Mueller Úrral több, mint egy évtizedes ismeretség kötött össze, nagyra becsültem szakmai tudását, a robbantástechnika iránti mély elkötelezettségét. Az elmúlt években többek között együttműködtünk három nemzetközi szakmai konferencia megrendezésében is. Egyetemünk megtiszteltetésnek tekintette, hogy helyet adhatott a robbantástechnika hazai és nemzetközi kiválóságai részvételével megtartott rendezvényeknek. Mueller Úr távozása a hazai tudományos élet nagy vesztesége. Mint a Nemzetvédelmi Egyetem rektora, köszönetemet fejezem ki, hogy az elhunyt által hosszú évek áldozatos munkájával összegyűjtött, Európában egyedülálló Robbantástechnikai szakkönyvtárat intézményünknek adományozta. Meggyőződésem, hogy jó kezekbe kerül ez a gyűjtemény, hiszen Magyarországon, szervezett felsőoktatás keretében egyetemünk foglalkozik legmagasabb szinten ennek a terület-

ÖSSZEFOGLALÁS: Közép-Európa legjelentősebb robbantástechnikai szakkönyvtári állománya DDr. Mueller Othmár (1932–2002) gyűjtőmunkájának köszönhető. A tanulmány szerzői bemutatják a nemzetközi hírű szaktekintély pályafutását, és az NKE Egyetemi Könyvtár Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Kari Könyvtárában elhelyezett különgyűjtemény speciális gyűjtőkörét. Az érdeklődő olvasók – rövid recenziók segítségével – az adományozó által írt különleges témájú szakkönyvek közül is megismerhetnek néhányat.

KULCSSZAVAK: robbantástechnika, könyvtár, szakgyűjtemény, Mueller Othmár, Nemzeti Közzolgálati Egyetem

ABSTRACT: The National University of Public Service, University Library, Faculty of Military Sciences and Officer Training, Faculty Library takes care of Central Europe's largest collection of explosives technology. The collection of more than 26,000 documents was compiled by DDr. Othmár Mueller's last will, he left it to the predecessor institution of the Faculty Library of the Faculty of Military Science and Officer Training, the University Central Library of the National Defense University of Miklós Zrínyi.

KEY WORDS: blasting technology, library, specialist collection, Mueller Othmár, National University of Public Service

* PhD, könyvtáros, NKE Egyetemi Központi Könyvtár és Levéltár Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Kari Könyvtár.

ORCID: 0000-0001-7542-3145

** PhD, alezredes, habilitált egyetemi docens, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Hadászati Tanszék. ORCID: 0000-0003-4742-847X



nek az oktatásával, kutatásával. [...] Az elhunyt végakarata szerint a Robbantástechnikai könyvtár, az Egyetemi Tudományos Könyvtár részeként, de különálló gyűjteményként kap elhelyezést a Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar (Üllői út), Központi épületében. A helyiség berendezése folyamatban van, a költöztetést a [...] Műszaki építőmérnöki tanszék oktatói vállalták.” [6]

Cikkünk aktualitását adja, hogy a különgyűjtemény átadására két évtizeddel ezelőtt, 2003. december 15-én került sor az Üllői úti kampuszon az adományozó családtagjai, az egyetem részéről meghívott oktatók, vezetők, műszaki főiskolai hallgatók, továbbá a magyar robbantási szakterület képviselő védelmi, rendvédelmi és civil szakemberek részvételével. A gyűjtemény az egyetem átszervezését követően került át jelenlegi helyére.

A GYŰJTEMÉNY

DDr. Mueller Othmár a világ számos pontján tartott robbantástechnikai tárgyú előadást, többek között Dél-Afrikában, Kanadában, Tajvanon, a Német Szövetségi Köztársaságban, Szlovákiában, Lengyelországban, Nagy-Britanniában, Olaszországban, Ausztriában és Svédországban. A hazai robbantástechnika úttörőjeként fontosnak tartotta a szakterület képviselőinek összefogását, mivel úgy gondolta, hogy eredményeket csak közösen lehet elérni. 1969-től kezdődően, minden anyagi támogatás nélkül, kitaró gyűjtőmunkával, kiépített kapcsolatrendszere segítségével, valamint a hazai és a nemzetközi szakmai körökben történő folyamatos „jelenlétével” fokozatosan alakította ki robbantástechnikai szakkönyvtárát, amely ma már több mint 26 ezer dokumentumot foglal magában. A gyűjtemény egyedisége abból fakad, hogy a világon 1860 óta megjelent robbantástechnikai, valamint (pl. katonai és ipari) robbanóanyagokkal, robbantási sérülésekkel, terroristarobbanásokkal foglalkozó könyveket és egyedi kiadványokat tartalmaz. Ez a 15 nyelven íródott könyv-, és iratanyag-gyűjtemény a DDr. Mueller gyűjtőszervezetének, hihetetlenül kiterjedt nemzetközi kapcsolatrendszerének, széles körű levelezésének, valamint dokumentumcsereik eredményeként jött létre. [1] (1. ábra)

DDr. Mueller Othmár élete második felében az addigra már jelentős gyűjteményét rendszerezni, valamint katalogizálni kívánta. A cél érdekében elvégzett egy középfokú könyvtárosi tanfolyamot, ahol elsajátította a bibliográfiai leírás tudományát. A kari könyvtár 54 doboznyi saját kezűleg elkészített katalóguscédulát örökölt a gyűjteménnyel együtt. Ez az igényes teljesítmény is azt bizonyítja, hogy tudatosan készült arra, hogy szisztematikusan gyűjtőmunkájának eredményét szakszerűen feltárva hagyja az utókorra, a robbantással foglalkozó szakemberek új generációjára. A könyvtárában található könyvek és egyedi kiadványok bibliográfiáit rendszeresen közreadta az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet aktuális közleményeiben, majd mindezt három kötetben összegezte „A világ robbantástechnikai és ipari robbanóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1984” címmel, amelyben 6707 tétel található. [12] [13] [14] A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar műszaki képzéssel, oktatással foglalkozó munkatársai, hallgatói, a Magyar Honvédség és a BM Készenléti Rendőrség tűzszerszám alakulatainak tagjai, valamint műszaki képzéssel foglalkozó egyetemek oktatói és hallgatói használják rendszeresen ezt az unikális gyűjteményt, amelynek dokumentumai az NKE Egyetemi Könyvtár Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Kari Könyvtár olvasótermében, helyben olvashatók.

DDR. MUELLER OTHMÁR SZAKMAI ÉLETÚTJA



2. ábra. DDr. Mueller Othmár portréja [3]

DDr. Mueller Othmár a hadtudomány kandidátusa, az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet nyugalmazott igazgatója, az Építéstudományi Egyesület Robbantástechnikai Szakosztályának alapítója és haláláig vezetője volt. 1932. március 15-én született Budapesten. Az okleveles építésmérnöki diplomát 1954-ben vette át a Budapesti Műszaki Egyetemen, majd 1959–1965 között a gazdasági szakmérnöki, majd a munkavédelmi szakmérnöki képzést is elvégezte. Egyetemi doktori címét 1965-ben a Műszaki Egyetemen szerezte. 1965 és 1974 között ösztöndíjas tanulmányokat folytatott a Német Szövetségi Köztársaságban, Hollandiában, Norvégiában, Dániában, Svédországban, valamint a Német Demokratikus Köztársaságban robbantástechnikai képzésen vett részt. A Zrínyi Miklós Katonai Akadémián disszertációjának sikeres megvédését követően, 1995-ben kandidátusi oklevelet vehetett át. [11] Szakmája iránti elhivatottságát mutatja, hogy tanulmányait munka mellett végezte. Dolgozott többek között a Komárom megyei Tatarozó és Építő Vállalat főépítésvezetőjeként, a Fővárosi Tanács Városrendezési és Építészeti Főosztályán először mérnökként, majd főmérnökként, végül osztályvezetőként. 1996-ban történt nyugdíjba vonulásáig az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet igazgatója volt. 1977-től az Április 4. Építőipari Szövetkezet elnöke, majd 1981-ben az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet (később Budapesti Igazságügyi Műszaki, Könyv- és Árszakértői Intézet) igazgatójává nevezték ki.

Élete végéig aktívan tevékenykedett a hazai tudományos közéletben. 1955-től tagja volt az Építéstudományi Egyesületnek (ÉTE), ahol az építéstudomány műveléséért 1980-ban Alpár Ignác-érem, 1992-ben Egyesületi Érdemérem, 2002-ben ÉTE-díj kitüntetésekben részesült. Az Egyesület Robbantástechnikai Szakosztályának a vezetője, motorja, éltetője volt egészen haláláig.

1961-től sikeres nemzetközi robbantástechnikai kollokviumokat szervezett. Két alkalommal is megkapta az Osztrák Robbantástechnikusok „Dynamit pro pace” kitüntetését (arany és ezüst fokozatban is). Tiszteletbeli tagja volt a Német Robbantástechnikai Egyesületnek és az Amerikai Nemzetközi Robbantómérnök Egyesületnek. Közreműködött továbbá a Magyar Hadtudományi Társaság Műszaki Szakosztályának munkájában, és tagként vett részt az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Robbantástechnikai Szakosztályának tevékenységében is. [3]; 104–105. o.]

Számos intézményben oktatott, többek között a Munkavédelmi Képző- és Továbbképző Intézetben, a Budapesti Műszaki Egyetem igazságügyi szakértői szakmérnöki tanfolyamain és a Mérnök-továbbképző Intézetben, a győri Széchenyi István Műszaki Főiskolán, a Rendőrtisztai Főiskolán, a Kossuth Lajos Katonai Főiskolán, a Zalka Máté (Bolyai János) Katonai Műszaki Főiskolán és a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemen. Tudását önzetlenül osztotta meg a szakma iránt érdeklődőkkel, hallgatói között nagy tiszteletnek és népszerűségnek örvendett. [3]

DDr. Mueller Othmár, a hadtudomány kandidátusa, az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet nyugalmazott igazgatója, az Építéstudományi Egyesület Robbantástechnikai Szakosztályának vezetője 2002. december 10-én, életének 71. évében hunyt el. A gyászoló család, a rokonok és a szakmai élet képviselői 2002. december 27-én, a farkasréti temetőben kísérték utolsó útjára. [4]

MUELLER PROFESSZOR SZERZŐI MUNKÁSSÁGA

Mueller professzor tudományos munkássága rendkívül gazdag és igen termékeny: 8 könyv, és több mint 500 szakcikk szerzője, amelyek belföldön és külföldön egyaránt megjelentek.

Gazdag életművéből – terjedelmi korlátok miatt, a teljesség igénye nélkül – az alábbiakban csak néhány könyvet szeretnénk bemutatni.

1965-ben jelent meg a Táncsics Könyvkiadó gondozásában „Az épületbontási munkák biztonságtechnikája” című könyve, amelynek szerzőtársa Szécsi László volt. A műben bemutatják azt a hatalmas építési tevékenységet, amelynek során új lakások, üzemek, irodák, középületek tömege épült. Az építkezéseket természetesen megelőzte a régi, elavult, sok esetben életveszélyes és egészségtelen, a közúti forgalmat akadályozó házak tömegének lebontása. Az új bontási módszerek szokatlanok voltak abban az időben, a részletes technológiai eljárások, biztonsági előírások csak nagy vonalakban voltak ismeretek a szakemberek előtt. A gyakorlati tapasztalatokon nyugvó, hiánypótló szakkönyv megírásánál a szerzők figyelembe vették a budapesti Haas-palota, az egykori Engels (ma: Erzsébet) téri épület robbantásos, a Roosevelt (ma: Széchenyi) téri, a Tanács (ma: Károly) körúti, a Boráros téri gépi bontások tapasztalatait.

Szintén 1965-ben jelent meg a szerző „Korszerű épületbontás” című könyve a Műszaki Könyvkiadónál. A szerző művében részletesen taglalja nemcsak a bontási munkálatok szükségességét, hanem azok technológiai eljárásait, módszereit, minden esetben kiemelt figyelmet fordítva a biztonságos munkavégzésre. A szakember hangsúlyozza, hogy a könyvben tárgyalt bontási módszerek alkalmazásának lehetősége elsősorban a biztonságtól függ, azaz csak ott és olyan mértékben vehetők figyelembe, amennyire azt a környezet, valamint a bontásban közreműködők épsége lehetővé teszi. Ahol a teljes biztonság követelményének a könyvben felsorolt módszerekkel nem lehet eleget tenni, ott a hagyományos, lassú, kézi bontási módot kell alkalmazni. Az épületbontásról szóló első hazai összefoglaló szakkönyv 1965-ben jelent meg. Két évtizeddel később, 1985-ben azonos címmel jelent meg a második, jelentősen átdolgozott kiadás, amely bemutatja a megváltozott építőipari technológiák változását is. [8]

1967-ben jelent meg a Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó gondozásában a „Települések gazdaságos rekonstrukciója” című könyve, amelyet szerzőtársával, Dános Györgyvel alkotott meg. A könyv azokat a költségtényezőket, munkaműveleteket foglalja össze, amelyeket figyelembe kell venniük a helyi hatóságoknak és az építési szakembereknek, mielőtt a rekonstrukció gazdaságosságáról döntenek.

1991-ben jelent meg a Szövetkezeti Szervezési Iroda kiadásában Mueller professzor „Bombariadó” című könyve. Ebben a könyvben a szerző a köztörvényes és politikai bűncselekmények egy speciális válfajába, a különböző robbanó eszközökkel, bombákkal végrehajtott fenyegetések és merényletek módszereibe, valamint az ellenük történő védekezésbe enged betekintést. [7]

1993-ban a Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöktovábbképző Intézet gondozásában jelent meg könyve „A robbantások elleni védekezés feladatai (Az épületek védelme robbantásos akciók ellen)” címmel dr. Hunyadi Ferenc és dr. Lukács László társszerzők közreműködésével. A napjainkban végrehajtott bombamerényletek elemzése több következtetésre ad lehetőséget. Szinte naponta láthatók, hallhatók híradások a világ minden részéből robbantásos merényletekről, naponta legalább 10–15 nem hagyományos módon előállított robbantó szerkezetet hoznak működésbe. Magyarországon – részben a robbantóanyagokkal kapcsolatos szigorú jogi szabályozás és ellenőrzés révén – nem voltak jellemzőek a robbantásos merényletek, csupán néhány eset fordult elő az elmúlt évtizedek alatt. A könyvben ezen események elemzésével, tapasztalataival foglalkoznak a szerzők. [9]

1994-ben dr. Lukács László szerzőtársával közösen jelentettek meg jegyzetét az ORFK Oktatási és Kiképző Központ hallgatói részére „Házilag készítésű robbanóanyagok és robbanószerkezetek” címmel. Minden sikeres és sikertelen robbantásos merényletből tanultak a bűnelkövetők, a terroristák, de a bűnüldöző szervek is szereztek tapasztalatokat. Bizonyos tekintetben kialakult egy olyan rendszer, amelyben a technika új eszközei, a terrorista módszerek és a bűnüldözés gyakorlata egy szinten állnak. Hazánkban a robbantóanyagok bűnös célú alkalmazása nem elterjedt módszer. A dolgok érdekessége az, hogy főként külföldiek hajtanak végre robbantásokat. A szerzők úgy vélik, hogy az ilyen cselekmények végrehajtása szempontjából közrejátszhat a hazai rendkívül szigorú jogrend is. [10]

A *különgyűjtemény a robbantástechnika alábbi főbb területeit öleli fel:*

- Robbantóanyagok (robbanóanyagok és gyújtószerkezetek);
- Robbanáselmélet, robbanásfizika, robbanóanyagok kémiaiája;
- Különböző ipari robbantási technológiák (pl. épület- és építményrobbantás, föld- és kőzetrobbantás, föld alatti bányaművelés, fémalakító robbantás stb.);
- Katonai robbantástechnika, továbbá az aknák és az aknamentesítés;
- Katonai tüzserész tevékenység (EOD és UXO);
- Bűnös célú és terrorista robbantások (IED) és az ellenük történő védekezés lehetőségei, eszközei;
- Robbantási szabályozás (pl. robbantóanyag-tárolás, szállítás, felhasználás);
- Robbanóanyaggal szennyezett talajok remediációja;
- Robbanási sérülésekkel kapcsolatos anyagok;
- Érdekesség: a robbantással is foglalkozó hazai és külföldi szépirodalmi művek gyűjteménye.

A *különgyűjtemény anyaga segítséget nyújthat:*

- a robbantástechnikával foglalkozó hazai és külföldi szakemberek számára;
- a hazai és a külföldi tudományos kutatóknak úgy a védelmi, mint a rendvédelmi és az ipari robbantástechnika területéről;
- a Nemzetvédelmi Egyetem oktatóinak és hallgatóinak (az alapképzéstől a doktorandusz képzésig). [2]

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Magyarország egyik kutatóhelye, így a Központi Könyvtár, ezen belül Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Könyvtár, DDr. Mueller Othmár Robbantástechnikai Különgyűjteménye is nyitott minden kutatni, szakmailag tovább fejlődni kívánó szakember (civil és katonai) számára.

Címe: 1101. Budapest, Hungária krt. 9–11.

Tekintve, hogy az érdeklődők köre szűkebb, mint egy általános könyvtár esetében, a gyűjteménynek külön látó



gatási ideje nincs, igény szerint, bejelentkezés alapján kérésre fel. Mivel a dokumentumokból általában egy-egy példány tartalmaz az állomány – és a kiadványok esetleges elvesztése esetén az újbóli beszerzés szinte lehetetlen –, a gyűjteményből kölcsönzés nem lehetséges, a könyvtár az érdeklődők számára a helyben használatot biztosít. [5; 136–137. o.]

HIVATKOZOTT IRODALOM

[1] Özv. Mueller Othmárné levele prof. dr. Szabó Miklós akadémikusnak, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem rektorának, dr. Mueller Othmár robbantástechnikai szakgyűjteményének adományozásáról (2003.01.08.);

[2] Magyar Robbantástechnikai Egyesület honlapja Prof. dr. Lukács László: A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Központi Könyvtár, DDr. Mueller Othmár Robbantástechnikai Különgyűjteménye <http://mare.info.hu/hu/nemzeti-kozszoalati-egyetem-kozponti-konyvtar-dr-mueller-othmar-robbantastechnikai> (Letöltve: 2022.11.16.);

[3] Dr. Lukács László: *IN MEMORIAM DDr. MUELLER OTHMÁR (1932–2002)*, Műszaki Katonai Közlöny 2002. 3–4. szám, pp.103–108.;

[4] Dr. Lukács László: *Dr. Mueller Othmár*, Haditechnika 2003/2. XXXVII. évf. pp. 58–59.;

[5] Lukács László: A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Központi Könyvtár, Dr. Mueller Othmár Robbantástechnikai különgyűjteménye. Műszaki Katonai Közlöny, 2006. 135–142.;

[6] Prof. dr. Szabó Miklós akadémikus, rektor válaszelevele dr. Mueller Othmárnénak, a Robbantástechnikai különgyűjtemény adományozásáról (2003. február 01.);

[7] Dr. Mueller Othmár: *Bombariadó. Szövetkezeti Szervezési Iroda*, Budapest, 1991. ISBN 963 7007 75 X;

[8] Mueller Othmár: *Korszerű épületbontás*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965. Másodközlés uo. 1985. ISBN 963 10 6097 7;

[9] Dr. Hunyadi Ferenc – Lukács László – Dr. Mueller Othmár: *A robbantások elleni védekezés feladatai (Az épületek védelme robbantásos akciók ellen)*. Budapesti Műszaki Egyetem, Mérnökto vábbképző Intézet, Budapest, 1993. ISBN 963 431 7731;

[10] Lukács László – Dr. Mueller Othmár: *Házilagos készítésű robbanóanyagok és robbanószerkezetek*. Jegyzet a Rendőr Szakközépiskolák hallgatói számára. ORFK Oktatási és Kiképző Központ, Budapest, 1994.;

[11] Mueller Othmár: *Korszerű szükséganyagokból készített robbanó szerkezetek alkalmazásának és hatástalanításának sajátosságai, a jövőbeni fejlesztés irányai a terrorizmus figyelembevételével*. Kandidátusi értekezés. Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Budapest, 1995.;

[12] Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbanóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1983*. I. kötet, 5. átdolgozott kiadás. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet 1983/1. sz. közleménye, 1–95.;

[13] Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbanóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1983*. II. kötet, 5. átdolgozott kiadás. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet 1984/2. sz. közleménye, 96–209.;

[14] Mueller Othmár: *A világ robbantástechnikai és ipari robbanóanyagokkal foglalkozó könyveinek és egyedi kiadványainak bibliográfiája 1850–1983*. III. kötet, 5. átdolgozott kiadás. Az Igazságügyi Műszaki Szakértői Intézet 1984/10. sz. közleménye, 210–335.

JEGYZETEK

1 DDr. Mueller Othmár két, egymástól független tudományterületen szerzett doktori címet: az egyetemi doktorit a BME-n (műszaki tudományok), a kandidátusit a ZMNE-en (hadtudományok). Ennek alapján a neve előtt a DDr. kétszeres doktori címet jelző előtagot a német nyelvterületen elfogadott formában használta.

Padányi József

Kihívások, kockázatok, válaszok

Napjainkban már nem kétséges, hogy a klímaváltozás globális kihívást jelent a Föld lakossága számára. Prof. dr. Padányi József vezérőrnagy sajátos szemszögből – az éghajlatváltozás nemzetbiztonságra gyakorolt hatását vizsgálva – tárgyalja a kérdést. A felmelegedéssel járó problémák és a katonai erő viszonyrendszerének tanulmányozása a haderő igénybevételétől kezdve, az erők és eszközök felkészítésén át a hadiipari innováció lehetséges irányaira egyaránt kiterjed. E kötet az elméleti alapvetéseket ismerteti, az éghajlatváltozás hatását vizsgálja a nemzet biztonságára és a katonai erő feladataira, továbbá részletes elemzést ad a természeti katasztrófák elleni védekezésről, az abban betöltött – és egyre növekvő – katonai szerepről szerte a világban.

A monográfia az Amerikai Egyesült Államok, az Egyesült Királyság, Kína, Kanada, Ausztrália, Oroszország, Németország és Magyarország helyzetével, az adott országok éghajlatváltozáshoz való viszonyával, továbbá az alapvető biztonsági dokumentumok tartalmával is foglalkozik. Önálló fejezet vizsgálja az ivóvízhez való hozzájutás helyzetét, a világszerte szaporodó édesvíz/-vízhiány okozta konfliktusokat. A szerző nem kerüli meg azt a kényes kérdést sem, amely az éghajlatváltozás befolyásolását illeti, és a kötetében a haderőkben folyó kibocsátás-csökkentő kutatásokról is szót ejt.

A könyv nem titkolt célja, hogy a hazánkban zajló Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program tervezői merítsenek az itt összegyűjtött információkból, és döntéseiknél figyeljenek a változó éghajlat okozta fokozódó kihívásokra is, legyen az humánerőforrás- vagy haditechnikai fejlesztés, beszerzés, képzés, kiképzés, esetleg felkészítés.

A szerző a felhasználható irodalom bőséges felsorolását követően három mellékletben foglalja össze az éghajlatváltozás hatásaival kapcsolatos fontosabb stratégiai szintű állásfoglalásokat, a különböző földrészekén történt gazdasági károkat és áldozatokat követelő természeti katasztrófákat, valamint a Föld stratégiai szempontból fontos vízgújítóinek helyzetét.

A kötet a fenntartható fejlődés, a technikai innovációk és a haditechnika új kihívásai iránt érdeklődő olvasóknak egyaránt ajánlott.

A Ludovika Egyetemi Kiadónál 2022-ben megjelent keménytáblás kötet terjedelme 224 oldal. A könyv 3885 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, illetve 3108 Ft-ért megrendelhető a kiadó weboldalán: <https://webshop.ludovika.hu/> (R.A.)





Somkutas Róbert*

A német alárendeltségbe léptetett magyar királyi I. gyorshadtest tevékenysége IV. rész

Előre a sztálini úton

Az 1941. évben – az ún. Barbarossa hadművelet keretében – a magyar királyi I. gyorshadtest két (páncélozott) felderítő-zászlóalja – július 9-től a német Dél Hadseregcsoporthoz alárendeltségében – részt vett a Szovjetunió elleni hadműveletben. A tanulmány sorozat korábbi részeiben a szerző ismertette a német hadtestek és a magyar erők elhelyezkedését, valamint bemutatta a gyorshadtestet támogató repülőcsoport állománycsoportjait és eszközeit. A továbbiakban – eredeti dokumentumok alapján – a magyar királyi I. gyorshadtest és ezen belül az 1. lovasdandár előrenyomulását nehézségeit, valamint a keleti támadási irányra merőlegesen futó Dnyeszteren, illetve további tucatnyi patakon és folyón történő átkelés nehézségeit ismerteti a szerző.

A 1941. július 9-10-én újból megindult nyári esőzések ismét erőpróba elé állították a csapatokat.

Az ukrán síkság földútjai száraz időben – a kemény altalaj miatt jól járhatóak, de porosak voltak. Ezeket az utakat a magyar és a német katonák is „sztálini betonnak” nevezték, és a térképeken kettős csíkkal jelölték. A járhatóságuk nyirkos, letaposott állapotban a legjobb. Akár 5 perces eső után azonban ennek a kemény útnak a felülete olyan síkossá vált, hogy a „bogárhátú utakról” a járművek könnyen az árokba csúsztak, ahonnan csak vontatókkal, harckocsikkal lehetett kivontatni az eszközöket. Több alkalommal is előfordult, hogy a felázott utakon a nagy sárban még a gépjárművek is csak állati vontatással voltak képesek előre mozogni.

1941. július 10-én az 1. lovasdandár – három lépcsőbe tagozódva – reggel előrevonta csapatait, hogy a mintegy 50 kilométeres lemaradását behozva beérkezzen, és 11-én felzárkózzon a két gépkocsizó seregetest közötti Orinyin (*Orynin*), Zerdzije (*Zerdzie*), Kormilcse (*Kormilcze*), Burti (*Burty*) határolta területre. Feladatuk kapta, hogy a két gépkocsizó dandár közötti területen vezesse be a felderítést,

majd a megszerzett információknak megfelelően törjön tovább előre Kelet felé, és kövesse az ellenséget. [20; 20. o.]

A dandár három lépcsőben tervezte a milhalcei hadihídon történő átjutást. Az első lépcsőjében a páncélgépkocsi század, majd a 13. kerékpáros zászlóalj és a 3. gépkocsizó utászszázad haladt. A második lépcső a lovas alakulatokból, míg a harmadik a kerékpáros, a gépkocsizó és a páncéltörő részekből állt. [21; 117. o.] Amikor a második (lovas) lépcső a hírhoz ért, a Kárpátokban lezúduló esők miatt megáradt hegyi patakok miatt hirtelen megemelkedett a Dnyeszter vízszintje. Az áradás miatt a dandár második lépcsőjének mindössze a fele tudott átjutni a túlpartra. A hömpölygő víz a hidat is veszélyeztette. A híd átépítése – a lovasdandár katonáinak segítségével – délutánra ké-

8. ábra. Az 1. lovasdandár páncélgépkocsi századának Csaba páncélgépkocsijának áthajózása a Dnyeszteren (Forrás: HTM-50892)



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



szült el. Mire azonban folytathatták volna az átkelést, egy újabb árhullám zúdult le a hegyekből, amely a híd egy részét leszakította, és elsodorta. Az átkelő helyreállítása másnap hajnalig tartott, és a 84 méteresre tervezett híd helyett egy 190 méteres hosszúságút kellett építeni. [21; 117. o.] A nagy esőzések, a teljesen felázott utak és a megrongált hidak a csapatok előrenyomulását jelentős mértékben késleltették. A korábban átkelt erők a dandárparancsnoksággal együtt estére csak Jezizsanyi (*Jezierzany*) és Glebocsek (*Gleboczek*) helységek vonaláig jutottak előre. [21; 117. o.]

Július 11-én az 1. gépkocsizó dandár a Szmotrics városkába történő beérkezését másnapra halasztotta, mert a híd csak 17 órara készült el. Aznap este azonban a Baló Zoltán alezredes parancsnoksága alatt lévő, páncélosokkal is megerősített 1. felderítő zászlóalj járőrei átkeltek a helyreállított hídon. A felderítők a Balin, Zalescsén (Zalesce) keresztül történt gyors előrenyomulásuk eredményeként éjfélig eljutottak Dunajovcébe, ahol azonban a Tarnava (Tarnawa) patak hídját már felrobbantva találták. A zászlóalj hídfőállást foglalt, és a magyar katonák a helyszín biztosítása mellett megkezdték a híd helyreállítását.⁹

A munkát hátráltatta, hogy a dandár rendszeresített fél hadihídészlete a Dnyeszternél maradt, így az utászszadnak rögtönzött anyagokból kellett elkészítenie a hidat, aminek (az ott megjelent a német 101. könnyű hadosztály külön kérésére) 16 tonnás teherbírással kellett rendelkeznie. [21; 118. o.] A dandárállomány többségének besorolt oszlopát megtámadta egy három gépből álló, alacsonyan szálló szovjet repülőgép-kötélék. A támadás két halálos áldozatot követelt, [22; 22. o.] ők voltak az 1. gépkocsizó dandár első elesettjei. A nap végére a széttöredezett dandár menetoszlopának eleje beérkezett a Dunajovce előtti Csankov (*Czankow*), Zalescse területére, míg a többség Szmotricsnál éjszakázott. [21; 118. o.]

A 2. gépkocsizó dandár egy megerősített felderítőcsoport kiküldésével biztosította csapatai előretörését a Kaluszik (*Kalusik*) patakig. A felderítőcsoport tagjainak többsége a Zádor Endre alezredes parancsnoksága alatt álló 2. felderítő-zászlóalj tagjai közül került ki, akiket a 12. kerékpáros zászlóaljjal, a 11. harckocsizászlóalj egy harckocsiszázzadával, egy tüzér üteggel, valamint egy utász százzal is megerősítették.

A felderítőcsoport a Sztugenyica patakig tört előre, ahol szovjet járőrökbe ütközött. Az egyik kiküldött járőre vissza-

9. ábra. A felderítő-zászlóalj motorkerékpáros járőre birkózik a sárral (Forrás: Magyar Futár 1941. I. évf. 14. szám)



vetett egy ellenséges szakaszt a biztosító állásából. A kiküldött járőrök jelentették, hogy az út Sztanyiszlavovka (*Stanislawowka*) község után nem járható, ezért Kitajrod (*Kitajród*) felé egy másik, megkerülési útvonalat derítettek fel. A nap végére a felderítőjárőr csoport tagjai a Sztugenyica patak mentén szétbontakoztak; többségük Kitajrodnál éjszakázott. Ezzel egyidőben a dandár nagy többsége már Kamenyec-Podolszkij körzetében, a szállásra kijelölt körletben gyülekezett.

A nap során a dandár veszteséglistájára 3 sebesült és 1 eltűnt katona került fel, de előrenyomulásuk közben 4 légvédelmi ágyút, 50 géppuskát, több száz puskát és 5 harckocsit zsákmányoltak.

Az 1. lovasdandár többsége – a 3/II. osztály vezetésével – július 11-én reggel 7 órától folytatta az átkelést a Mihalcénál lévő egyetlen Dnyeszter-hídon. A menetet több alkalommal is meg kellett szakítani; a dandár 17 óra végzett az átkeléssel. A csapatok folytatva menetüket, Szkalánál (*Skala*) lépték át a régi galíciai–orosz határt. Másnap hajnalig tartó menetet hajtottak végre meghatározott körleteik eléréséig annak érdekében, hogy beérjék a Sztugenyica patak mögött, a sárban rekedt két gépkocsizó dandárt.

A dandár Orinyinbe (*Orynin*) érkezve a parancsot kapott a két megrekedt dandár közötti terület felderítésére, így az élen haladó 3. huszárezred állományából két megerősített felderítő osztagot küldtek ki. [20; 20. o.]

A Pongrácz ezredes vezetése alatt álló 1. felderítőosztagot, amely a 3/I. 1. huszárszázból állt és egy géppuskás szakasszal, egy páncéltörő ágyús rajjal, egy árkászszakasszal, valamint a huszárüteg egy szakaszával erősítették meg. Feladata a Dnyeszter bal partja mentén lévő szovjet utóvédek felderítése volt. Az előrenyomuló felderítő osztag eredményesen vette fel a harcot az ellenséggel, a 2. gépkocsizó dandár elől lévő részeivel együtt egy üteget zsákmányolt, és visszavette az utóvédeket.

A felderítőosztag parancsnoka a jelentéseit – a fennálló rádióhíradási légköri zavarok miatt – egy-egy jelentő huszárral küldte vissza a parancsnokságra. A hírvívó lovasok hősiességét jellemzi, hogy 50 kilométeres távolságból, a területen lévő kisebb ellenséges osztagokon keresztül, orosz nyelvtudás és térkép nélkül oldották meg ezt az igen fontos feladatukat. Mindezt rövid idő alatt kellett megtenniük, hogy az üzenet még idősebb legyen dandárparancsnokság számára. [20; 21. o.] Az 1. felderítőosztag nehéz időjárási és terepviszonyok között, Kamenyec-Podolszkijon át, 21 óra elért a Tarnava patak vonalát. [21; 118–119. o.]

A 2. felderítőosztagot Schwartz alezredes – a 3/I. huszárosztály parancsnoka – parancsnoksága alatt hozták létre. Az állományát a 3/I. 2. huszárszázból alkotta, amely a másik osztagéhoz hasonló megerősítést kapott. A Zvancsik (*Zwanczyk*) környékének felderítésére kiküldött felderítő erők megállapították, hogy a legjelentősebb útcsomópontot a szovjet kötélekek megszállták.

10. ábra. A felderítőosztag kiküldött lovas felderítő-járőre (Forrás: Magyar Futár 1941. I. évf. 14. szám)



Az 1. lovas páncélos-, a 13. és 14. kerékpáros zászlóalj, valamint a 3. gépvontatású tüzérosztály Vigoda (*Wygoda*) területén, a dandárparancsnokság, az 1. lovas osztály és a páncélgépkocsi század Orinyin, Krasznosztarocse (*Krasnostaroce*) körzetében, a 3. huszárezred Kocsubijov (*Kociubijow*), míg a 4. huszárezred Ivankovon (*Iwankow*) töltötte az éjszakát. A dandártól alkalmazott felderítőosztagok eljutott a Blescsanovka (*Bleszczanowka*) patakhöz. [21; 118. o.]

A július 11-i összefoglaló jelentés alapján, a nap végére a hadtest valamennyi alkalmazott felderítő egysége megérkezett a Sztugyenyica patak vonalára. A 2. dandár zömével Kamenyec-Podolszki, Holoszkov (*Holoskóv*), Ruda (*Ruda*) területére, az 1. gépkocsizó dandár állományának többsége Balin, Zalescse, Marjonovka körletéig nyomult előre, míg az 1. lovasdandár Zerdzije, Kormilcse, Burti területére ért, és ott gyülekezett.

A nap során a légi tevékenység mindkét oldalon megélné. A VII. közelfelderítő század a késő délutáni órákban pontosította a német felderítők korábbi jelentését, amely egy erős, ellenséges gépesített oszlopról szólt. A korábbi jelentés szerint a szovjet 18. hadsereg alá tartozó 17. hadtest részeinek [23; 66. o.] előrevonása helyett, azok visszavonulásának tényét állapították meg. [22; 22. o.]

A Zbrucs folyó elérését követően a gyorshadtest térnyerése miatt a VII. közelfelderítő század és a 2/3. vadászszázad légi részei a harcoló csapatokhoz közelebb, a jezsizanyi repülőterére települtek. Ideirányították a beérkező 1. közelfelderítő század szárazföldi egységeit is, amelyek azonban a megáradt Dnyeszter magas vízállása miatt még nem tudtak áttelepülni.

A kora reggeli órákban 3 szovjet vadászgép Borscsovon hosszú sorozatok leadásával támadta a hadtestparancsnokságot. Ezt követően a gyorshadtest parancsnoksága áttelepült Tluszte-Mjaszto területére. [21; 119. o.]

A hadtestvonat a légierő szárazföldi részei mögött, azoktól még jobban lemaradva, csak igen nehézkesen tudott felzárkózni a hadtest többsége mögé. [23; 67. o.]

Július 12-én az eső továbbra is esett – ami a gépkocsizó alakulatok előrenyomulását jelentős mértékben lelassította, ezért a gyorshadtest parancsnoka az addig második lépcsőben haladó 1. lovasdandár előrevonásáról döntött.

Az 1. gépkocsizó dandár nagy része Szmotricsban várta a Sztugyenyica híd helyreállítását, amit a csapatok előtt a demjankovcei (*Demiankowce*) hídfőállásban lévő 1. felderítő-zászlóalj egyik százada biztosított.

A biztosító alegységet egy század erejű szovjet egység támadta meg. A századparancsnok a 30 gépkocsin táma-

dó oszlopot beengedte egészen az épülő hídig, és amikor az első gépkocsi már csak 50 méterre volt a hídtól, a rendelkezésükre álló fegyverekből erős tűzcsepák az oszlopra. Az első három gépkocsi azonnal kigyulladt, és a szovjetek 30 halottal és mintegy 150 hadifogollyal fizettek a felderítés elmulasztásával végrehajtott támadásukért. [24; 30. o.]

Délben az 1. gépkocsizó dandárparancsnoktól a magyaroktól balra elhelyezkedő, szomszédos német 101. könnyű hadosztály parancsnoka kért segítséget a Nova Usica irányában előrenyomuló hadosztálya déli szárnyának biztosításához. A feladat végrehajtását az 1./2. üteggel megerősített 2. gépkocsizó zászlóalj kapta meg. A német hadosztály élcsapatának megerősítésére átalárendelték a 9/3. harcokocsiszázadot is. A zászlóaljparancsnok három tisztí járór kiküldését rendelte el a helyzet felderítésére. A felderítési adatok alapján szervezte meg a szárnybiztosítást, figyelembe véve a szigorú korlátozást, amely szerint a román csapatok felé eső déli sávhatárt szigorúan tilos volt átlépni. A Sztugyenyica-híd végül délután 15 óra elkésztült, és a magyar alakulattal megerősített német élcsapat megkezdte az előrenyomulást. [21; 120. o.] A 1. gépkocsizó dandár már 16 órakor felzárkózott, és beért Dunajovce (*Dunajowce*) helységbe, meg kellett azonban várnia, amíg a német csapatok elvonulnak, és támadásuk tért nyer az előttük védő szovjet csapatokkal szemben.

A 2. gépkocsizó dandár nagy része Kamenyec-Podolszkitól keletre helyezkedett el, és egyes részeivel már a Tarnava patak vonalát is elérte. A kerékpáros felderítőosztag a patakot leküzdve kijutott Demsin (*Demszyn*) kelet, Kitajgrad és Vihvatmovce (*Wychwatmowce*) területére. [21; 121. o.]

Az 1. lovasdandár 3. huszárezredének többsége 7 órakor Kamenyec-Podolszki utcáin keresztül, Zvancsik irányába indult. Az egységet az 1. lovas tüzérosztály, majd a 4. huszárezred követte. Délben a hadtesttől kapott parancs alapján a dandár módosította előrenyomulását délnyugat felé, Zagorjani (*Zagorjany*) irányába.

A dandárparancsnok, a kötelékeket újracsoportosítva folytatta előretörését a kapott új feladatának megfelelően. Igaz, ez az „előretörés” a nagy sár, az út- és terepviszonyok miatt inkább csak vánszorgás volt. Az 1. lovas harcokocsizászlóalj kisharcokcsi-százada beérkezett Kamenyec-Podolszkiba, azonban a 35M Ansaldo kisharcokcsik nagyobb része a menet során elmaradt. A fogatolt tüzérség is sokat szenvedett az alig járható útvonalon. Egyes emelkedőkön csak 10 ló befogásával tudták felvonatni a lövegeket. A kerékpáros zászlóalj menetvonalán is csak a terepjáró gépkocsik tudtak mozogni, ezért az egyes csoportosítások a számukra meghatározott menettávolságnak csak közel a felét tudták megtenni. A lovasdandár azonban a rossz időjárási viszonyok között is széleskörűen alkalmazni tudta a kiküldött lovas felderítőosztagait és járőreit.

A beérkező felderítőosztag harccal megtisztította Zvancsikot a még ott lévő szovjet járőrállománytól, és a többi kiküldött felderítőegység is felvette a harcot az ellenséges biztosító erőkkel. Az 1. felderítőosztag a Tarnava patakon átkelve elérte a Kitajgrad község melletti magaslatokat, majd egy szűk völgykatlanon átjutva, egy visszavonuló szovjet gépkocsioszlopot derített fel. A felderítőosztag az oszlopra tűzrajtaütést hajtott végre, és visszazarította a szovjet erőket. Az elmenekült ellenség mintegy 100-150 darab gépkocsit, ép lövegeket és gépjárműre szerelt ikergéppuskákat hagyott hátra. Azonban az utóvédek kihasználva a terep adta lehetőségeket, kisebb ellenlökések végrehajtásával továbbra is lassították és feltartóztatták a gépesített csapatok előrenyomulását. [21; 119. o.]

11. ábra. Lovak vontatta magyar teherautó a fronton (Forrás: Fortepan / Konok Tamás id. / 43147)





12. ábra. Weiss Manfréd gyártmányú WM-21 Sólyom közelfelderítő repülőgép-kötelék a szovjet fronton
(Forrás: Fortepan / Varga Csaba dr. / 133471)

Július 12-én a felderítő-repülők Dunajovciről és Zvancsikról a Minkovciba tartó úton ellenséges összefüggő gépkocsizó és fogatolt menetoszlopokat derítettek fel. A hadtestparancsnok elrendelte a visszavonuló erők bombázását. A repülőcsoport parancsnoka a feladatra a harcászati szintű bombázás végrehajtására is alkalmas VII. közelfelderítő század gépeit rendelte ki a 2. és 3. vadászszázad gépei kíséretével. Ezzel egyidőben a 2. gépkocsizó dandár előrenyomuló oszlopa ellen egy szovjet bombázó raj vonult fel. A magyar kísérő vadászok megtámadták a szovjet bombázókat oltalmazó vadászokat, és öt darab I-16 Rata vadászgépet lelőttek. Saját légierőben csak egyetlen gépvesztés történt, de a pilótát a két harcvonaltól a 5. gépkocsizó zászlóalj katonái sikeresen kihozták. Ezzel a magyar repülőknél sikerült egy rövid időre a helyi légi uralmat kivívniuk. [22; 25–26. o.]

Július 13-án, az elkészült a Sztugyenyica-hídon, a demjankovcei hídfőállásban lévő 1. felderítő-zászlóalj, a megerősítő 9/3. harcokocsiszázad egyik szakaszával hajnali 3 órakor előrenyomult. Szlobodka (*Slobodka*) hídját rövid tűzharcra elfoglalta, és gyors előretöréssel elérte Ivankovcét (*Ivankovce*). A magyar zászlóaljat itt 11 és 12 óra között szovjet légitámadás érte, amely 10 katona halálát okozta. [21; 120. o.] Az állomány rendezése után a felderítő-zászlóalj megérkezett Minkovce (*Minkowcé*) térségébe.

Az 1. gépkocsizó dandár állományának többsége azonban még mindig (és még július 14-én is) Dunajovce és Zalesce körzetében várta, hogy elvonuljanak a német 101. könnyű hadosztály csapatai, hogy átjussanak a Nova Usica (*Nova Uszyca*) rombolt hídján, és leküzdjék az ott harcoló szovjet csapatok ellenállását. [21; 120. o.]

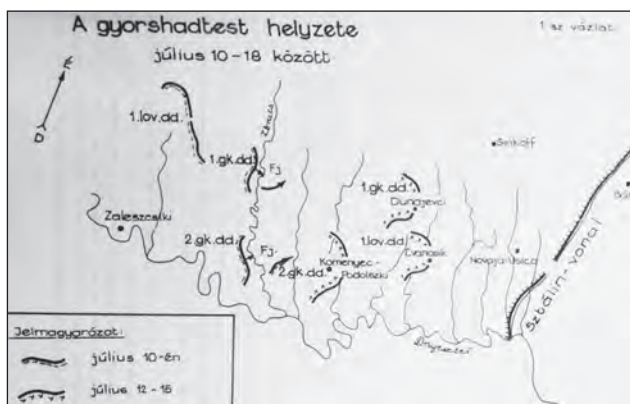
A 2. gépkocsizó dandárparancsnokság Kamenyec-Podolszkiban, a dandár többsége a városban és attól északra, illetve délre lévő területeken tartózkodott. [21; 121. o.] A 2. felderítő-zászlóalj Kitajgrodon tartózkodott. A kiküldött felderítőosztág kijutott Sztara Usicáig

(*Stara Uszyca*), míg felderítő járőrei Pizsovka (*Pyzowka*), Kurilovce-Zjelone (*Kurylowce-Zielone*) terpszakaszig haladtak, és folytatták az előttük járó szovjet csapatok felderítését. [21; 123. o.] Az 5. gépkocsizó zászlóalj Satava helységénél (*Szatawa*) tartózkodott.

Az 1. lovasdandár parancsnoka a feladatok eredményesebb végrehajtása érdekében átcsoportosította a meglévő állományát. A kapott feladat végrehajtását három menetvonalon folytatta tovább a nagy sárban. Pongrácz ezredes¹⁰ csoportja (állományában a 3. huszárezred I. huszárosztálya, a 13. kerékpáros zászlóalj és az 1. lovas tüzérszázad) hajnali 5 órakor érte el Zvancsikot. A 3/II. osztály 8 órakor, a lovas tüzérszázad egyes részei csak a délelőtti folyamán tudtak beérkezni az igen rossz állapotban lévő utakon. A tüzérek a lövegeket csak egymás után, 12 lóval tudták elővontatni.

A 4. huszárezred hajnali 4 órakor folytatta menetét Kamenyec-Podolszki északkeleti kijáratához, ahol – a várostól 2-3 kilométernyire lévő Boriskovce (*Boryszkowcze*), Beznoszkovce (*Beznoszkowcze*) helységekben kellett beszállásolnia magát. Ebben a körzetben töltötte az éjszakát a dandár tartalékát képező Révhegyi-csoport, és a lovasdandár parancsnoksága is.

A 3. huszárezred – Együd százados parancsnoksága alatt – a Kalus-patakig való felderítésre egy géppuskákkal és páncéltörő ágyúval megerősített huszárszázadot küldött ki. A különítmény Zvancsiktól 10 kilométerre keletre, egy harcokocsikkal megerősített szovjet utóvédbe ütközött és harcba bocsátkozott, de nem tudta kivetni őket az állásukból. Az ezred Zvancsik helység szilárd megtartása mellett parancsot kapott, hogy az előrejutás érdekében északkeleti irányban folytasson felderítését, amit estére sikeresen teljesített is, de nem észlelt a területen szovjet utóvédeket. [21; 122. o.] A harcokocsi-gyülekezés hírére a Pongrácz-csoport parancsnoka is megerősített század erejű felderítő erőt küldött ki, miközben a fennmaradó erőivel déli irányba bevezette a felderítést.



13. ábra. A gyorsadtest tevékenysége 1941. július 10–18. között [25; 11. o.]

Az 1. gépkocsizó dandárparancsnoka július 13-án dél előtt tájékoztatást kapott a gyorsadtesttől, hogy légi felderítési megfigyelések alapján szovjet harcokcsik gyülekeznek Zvancsik északkeleti területén. Major vezérőrnagy azonnal parancsot adott a 2. gépkocsizó zászlóaljnak (egy üteggel, egy páncéltörő századdal és egy légvédelmi gépágyús szakasszal megerősítve) a Zvancsik irányába történő felderítés végrehajtására.

A hadtest a lovasdandárnak is feladatul szabta, hogy Zvancsiktól északra lévő Otrokov (*Otrokow*) helység felé hajtson végre felderítést. A két felderítésre kirendelt kötelék sikeresen találkozott, felvették a kapcsolatot egymással, és rádióon jelentették, hogy nincsenek ellenséges páncélosok a megadott körzetben¹¹. [21; 122. o.] Ezt követően a kirendelt erőket visszarendelték, majd a huszár-század Pobujankára vonulva biztosította a lovasdandár bal szárnyát, és ott szállásolta el magát.

Közben a minkovcei hid is elkészült, és a magyar harcokocsikkal megerősített német csapatok megkezdtek előrenyomulásukat.

Ekkor esett át a tűzkeresztségen a német alárendeltségbe átadott 9. harcokocsizászlóalj 9/3. harcokocsiszázada, amelynek előljáró német parancsnoka Püchler ezredes volt. Azt a feladatot szabta a harcokocsizóknak, hogy Antonovkán (*Antonowka*) keresztül törjenek előre, és vegyék birtokba az attól keletre húzódó magaslatokat. A század 13.30-kor a minkovcei patakon átkelve elérte Antonovkát. A századparancsnok vezetésével, a szovjet védőállást kétoldali átkarolással, veszteség nélkül 17 órára elfoglalták. 200 foglyot ejtettek és több nehézfegyvert zsákmányoltak, amit jelentettek a német előljárójának is.

További feladatokként kapták a Nova Uscára való előretörést, valamint tájékoztatták a századparancsnokot, hogy az út mentén a Kalus-patakig néhány géppuskás fészket rejtettek el. Az élen haladó két harcokocsit 17 órakor Filanotovkától (*Filanotowka*) keletre páncéltörő ágyúval kilőtték. A rádióösszeköttetés megszakadt velük, a századparancsnok ezért az élszakasz parancsnokával együtt előrement. A szovjetek ezt a két harcokocsit is kilőtték. Ezután a harcokocsiszázad szétbontakozva, a községet megkerülve támadt a keleti szegélyen lévő ellenségre. A támadás során újabb két harcokocsit veszítettek.

A század a támadás során 40%-os veszteséget szenvedett. 9 fő meghalt, két tiszt megsebesült és 6 darab 38M Toldi I. könnyű harcokocsit kilőtték¹². A német 101. könnyű hadosztály támadó lépcsője 19 óra 50 perckor érte el a harcokocsiszázad vonalát. A támadás során 200 főt foglyul ejtettek, és számos löveget is zsákmányoltak.

Ezt követően a dandárparancsnok külön megkérte a német hadosztályparancsnokot, hogy a továbbiakban eze-

ket a harcokcsi típusokat ne használja az ellenség mélységébe történő betörés végrehajtására, mert azok arra a célra nem alkalmasak. [21; 123. o.]

A nap végére az 1. gépkocsizó dandár Dunajovcára, míg a felderítő-zászlóalj Minkovcára érkezett.

A VII. és a IX. közelfelderítő századok a WM-21 Solyom gépeikkel a Zvancsik észak, északnyugati területén lévő ellenséges állások bombázásával támogatták a csoport harcát.

A repülőerők váltására megérkezett az I. és a III. közelfelderítő század, valamint az 1/3. „Kör Ász” vadász-század is. [21; 123. o.] Az 1/3. vadászrepülő század Jezicsanyi repülőterére települve leváltotta a 2/3. „Ricsi” vadászrepülő-századot. Ezen a napon a század a hadműveleti terület megismeréseként a közelfelderítő század gépeinek kíséretét látta el.

A gyorsadtest-parancsnokság törzsszállása, a harcoló csapatokat követve, a délelőtt során áttelepült Kamenyec-Podolszki. [21; 121. o.]

Késő este a gyorsadtest csapatai parancsot kaptak a Kamenyec-Podolszki, és az attól északra eső területre történő gyülekezésre annak érdekében, hogy felkészüljenek a Sztálin-vonalon való átjutásra. [21; 123. o.]

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [20] Vattay Antal (vitéz): Az 1. lovasdandár a Szovjet elleni háborúban. Magyar Katonai Szemle XII. évf.1942. 7. szám;
- [21] Várhalmi Iván. *A m. kir. honvédség erőfeszítése a gépesítés területén 1920-tól – 1941. 06.-ig. A Kárpát-csoport, majd az I. gyorsadtest hadműveletei a Szovjetunióban 1941-ben* Magánkiadás, 2012.;
- [22] Orosz Béla. *A magyar Légierők teljesítményei a Kárpátoktól a Dnyeperig. Tapasztalatok a repülőerők vezetése és alkalmazása terén.* Budapest: AVitézi Rend Zrínyi csoport kiadása, 1942.;
- [23] Andaházi Szeghy Viktor. *A magyar királyi honvédség részvétele a Szovjetunió elleni támadásban (1941. június – december)*, Belvedere, Szeged, 2016.;
- [24] Zentay István. „Egy nemzetnél sem vagyunk alábbvalók!” (Hadinapló), Budapest: a Vitézi Rend Zrínyi Csoport kiadása, 1942.;
- [25] 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.

JEGYZETEK

- 9 Személyes véleményem szerint a magyar műszaki/utász katonák kiérdemelnek egy komolyabb tanulmányt arról, hogy mennyi út, vasút és híd helyreállítási és építési munkáját végeztek emberfeletti erőfeszítéssel annak érdekében, hogy a harcoló csapatok és az után- és hátraszállítási feladatokat ellátó csapatok és szervezetek teljesíteni tudják a feladataikat.
- 10 Pk.: Pongrácz Pál ezredes, a 3. huszár ezred parancsnoka.
- 11 Itt kell kiemelni azt, a nagyon fontos alapvet, amit sok parancsnok elfelejtett, bár mind a mai napig alapelv: az ellenségről szóló nemleges felderítési adat is igen fontos adat!
- 12 A 6 db kilőtt 38M Toldi I könnyű harcokcsi rendszáma: H 306, 314, 315, 316, 397, 399. [21; 123. o.]

CONTENTS

STUDIES

A Development trends of gas turbine aircraft engines, Part 4 <i>The challenges of propulsion development</i>	2
History of the development of the 'Gepárd' large-calibre rifle, Part 3 <i>35 years of service in the Hungarian Defence Forces</i>	8
The world's most powerful tanks, Part 1	12

INTERNATIONAL MILTECH REVIEW

The use of Russian air power in the Russian-Ukrainian war, Part 1	17
Armoured warfare experiences of the Russian-Ukrainian war, Part 1	23
Military technical innovations on the industry day of MILENG COE 2022, Part 2	28
The Turkish Bayraktar combat UAV, Part 3	33

SPACE ACTIVITIES

Threatened Security Provider – NATO's Opportunities and Challenges in Space	38
---	----

DOMESTIC SURVEY

Investigating the application of IoT Forensics methodology in the expert investigation of highly automated vehicles	43
Lynx combat vehicle weapons and defence systems	50
Forward air control from an armoured vehicle <i>The ERIP-project</i>	57
The possibilities of 3D printed fibre reinforced materials in military applications, Part 1 <i>UAVs and light vehicles in military forces and logistics</i>	62

MILTECH HISTORY

Mueller Othmár Special Collection of Explosive Technology The activities of the 1st Royal Quick Reaction Corp subordinated to Germany, Part 4 <i>Forward on the Stalin road</i>	67
	71

INHALTVERZEICHNIS

STUDIEN

Entwicklungsrichtungen der Turbinen-Strahltriebwerken, Teil IV. <i>Herausforderungen im Zusammenhang mit Triebwerkenentwicklungen</i>	2
Die Entwicklungsgeschichte der Großkalibergewehre von Gepárd, Teil III. <i>35 Jahre im Dienst der Landesverteidigung</i>	8
Die stärksten Panzer der Welt, Teil I.	12

INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDSCHAU

Die Anwendung der russischen Luftwaffe im russisch-ukrainischen Krieg, Teil I.	17
Panzererfahrungen des russisch-ukrainischen Krieges, Teil I.	23
Militärtechnisch-technische Neuheiten auf dem Industrietag von MILENG COE 2022, Teil II.	28
Kampfdrohne "Bayraktar", Teil III.	33

RAUMFAHRTTECHNIK

Bedrohter Sicherheitsakteur – Möglichkeiten und Herausforderungen der NATO im Weltraum	38
--	----

HEIMATSCHAU

Untersuchung der Anwendung der IoT-Forensik-Methodik bei der Expertenprüfung hochautomatisierter Fahrzeuge	43
Bewaffnung und Verteidigungssysteme des Kampffahrzeugs "Lynx"	50
Vorwärtsluftkontrolle von gepanzertem Fahrzeug <i>Das Projekt ERIP</i>	57
Militärische Anwendungsmöglichkeiten des 3D-Drucks von Faserverbundwerkstoffe, Teil I. <i>UAVs und leichte Fahrzeuge im Militär und in der Militärlogistik</i>	62

GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK

Othmár Muellers Spezialsammlung von Sprengstoffe	67
Die Aktivitäten unter deutscher Befehlsführung des 1. Königliche Schnelle Korps, Teil IV. <i>Vorwärts auf dem stalinistischen Weg</i>	71

A címképünkön: A Magyar Honvédség Lynx KF41 gyalogsági harcjárműve. A harcjármű a vezetési gyakorlatokon már bizonyította kiváló terepjáró, árokáthidaló és lépcsőmászó képességét (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Kertész László)

Borító 2: Fent: NATO-katonák ukrán újoncokat képeznek ki Leopard harcokocsikra Lengyelországban (Forrás: www.nato.int)
Lent: Modernizált T-72B3 harcokocsi kiegészítő reaktív páncélzattal a 2017-es moszkvai győzelem napi díszszemlén (Forrás: Vitalij V. Kuzmin, CC BY-SA 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>, via Wikimedia Commons)

Borító 3: Fent: A Baykar Bayraktar Akinci UCAV. (A pilóta nélküli harci repülőgépet függeszthető fegyverzetként Roketsan gyártmányú MAM-L és MAM-C félagyú lézeres önirányítású bombát hordoz)
Lent: A Bayraktar Kizilelma egy lopakodó tulajdonságú pilóta nélküli vadászrepülőgép. A tervek szerint 2025-től ilyen típusú drónok biztosítják a török flotta zászlóshajója, a TCG Anadolu körüli légteret (Fotók: Shutterstock)

Poszter: Panzerhaubitze (PzH) 2000 HU (Fotó: Baranyai László)
(A típus főbb harcászati-műszaki adatait tartalmazó táblázatot a 66. oldalon közöljük.)

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 oldalán 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 térképbolt
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 Könyvárúház, 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

