

A múlt, a jelen és a jövő fegyverei

HADITECHNIKA

2023/3

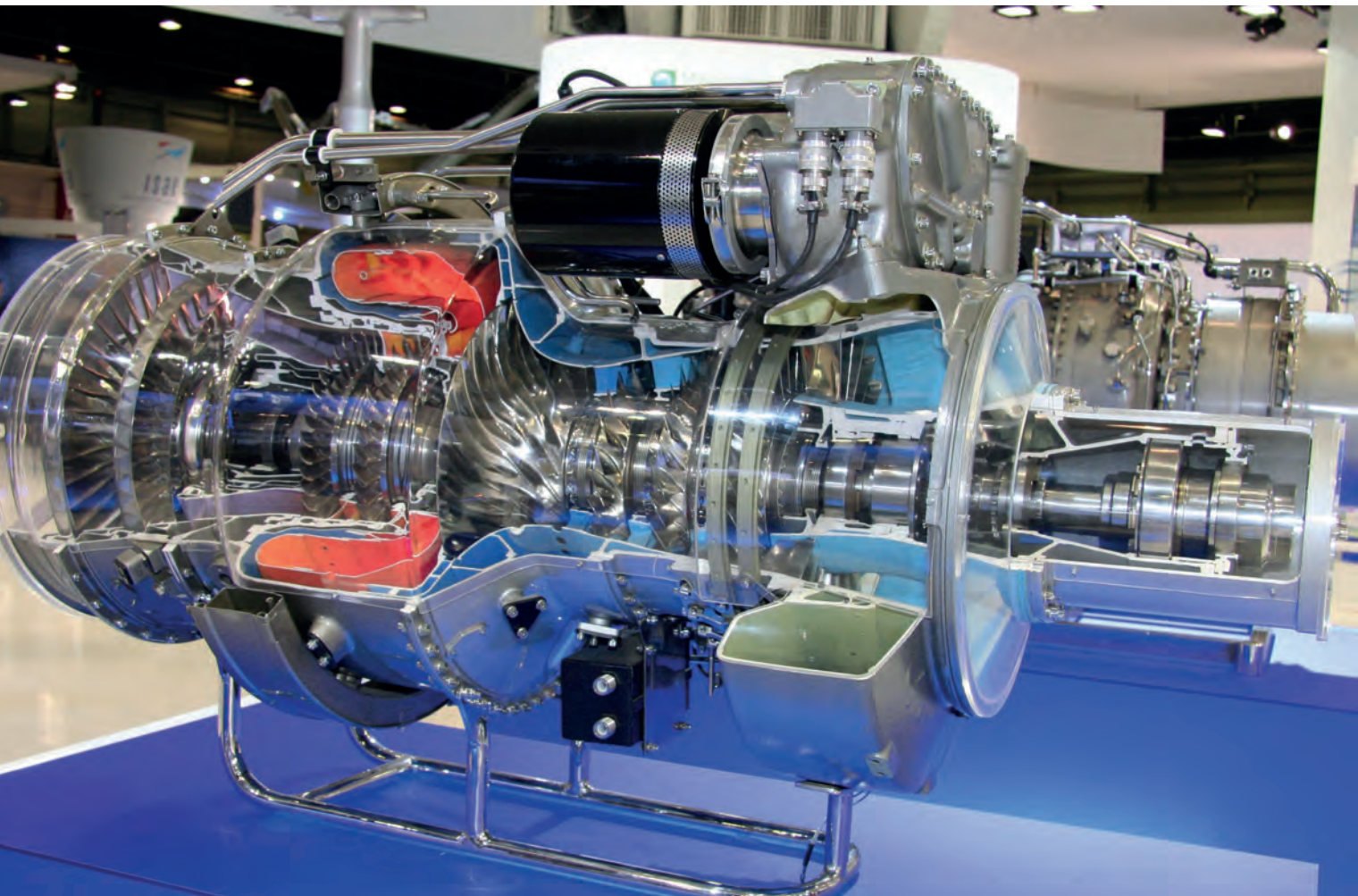
LVII. évfolyam 3. szám

Ára 520 Ft

Wisent 2 műszaki harcjármű



Posztermelléklettel!



A MAGYAR HONVÉDSÉG MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS ÉS ISMERETTERJESZTŐ FOLYÓIRATA

Az MTA IX. osztály Hadtudományi
Bizottsága által „A” kategóriába sorolt,
lektorált folyóirat

2023/3. szám.
LVII. évfolyam

Tulajdonos:

Bozó Tibor altábornagy
(Honvéd Vezérkar, törzsigazgató)

A szerkesztőbizottság elnöke:

Dr. Porkoláb Imre dandártábornok
(Védelmi innovációért felelős miniszteri biztos)

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:

Druzsán József őrnagy
(MHTT, TÚK, MKLE)

Szerkesztőasszisztens:
Drahos Gabriella (TÚK)

Kiadja

a Honvédelmi Minisztérium Zrínyi Térképezési
és Kommunikációs Szolgáltató Közhasznú
Nonprofit Kft.

1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7-9.
Postacím: 1276 Budapest 22, Pf. 85
Telefon: 336-2030, Fax: 336-2035

FÓKUSZBAN

Balajti István: Az ELM-2084 MMR
többfeladatú légtérelenőrző,
légvédelmi és tűzérési
felderítőradar 2



Földi Ferenc: A Gepárd nagy
űrméretű puská fejlesztésének
története II. rész 15



Ocskay István: Az integrált,
moduláris, vezető nélküli
szárazföldi járműrendszer
bemutatója Németországban 27



Hegedűs Ernő – Hannel Sándor
– Végyvári Zsolt: A Bayraktar
drónok II. rész 33



TANULMÁNYOK

Varga Béla: A gázturbinás
repülőgép-hajtóművek
fejlesztési irányai III. rész 11
Dr. Guth-Orji Ágnes: A Covid19-
fertőzés repülésbiztonsági
aspektusai II. rész 21

NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

Bakos Tamás: Katonai műszaki-
technikai újdonságok
a MILENG COE 2022-es ipari
napján I. rész 37

ŰRTECHNIKA

Kis Árpád: A geomágneses
viharok anatómiája
és következményei 44

HAZAI TÜKÖR

Kovács Zoltán – Ember István:
Új nehézgép a Magyar
Honvédségben: WiSENT 2HU 51
Végyvári Zsolt: Modern
haditechnika, új konstrukciós
megoldások és szerkezeti
anyagok, megújuló képzés 58
Éles Péter: Felesleges
lövészlőszerkeztés szereléssel
történő hatástalanítása 68

HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

Somkutas Róbert: A német
alárendeltségbe léptetett
magyar királyi I. gyorsadtest
tevékenysége III. rész 73

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

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

A **Haditechnika** kéthavonként nyomtatásban megjelenő folyóirat.

A szerkesztőség elérhetőségei:

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

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



Balajti István*

Az ELM-2084 MMR többfeladatú légtérelenőrző, légvédelmi és tüzérségi felderítőradar

BEVEZETÉS

A mérnökképzés – beleértve a napjainkban újraindított hadmérnökképzést – alapszabálya a mérnöki gondolkodásmód: a *mit?*, *miért?* és *hogyan?* kérdéskör mérnöki elvárások szerinti elsajátítása, illetve megvalósítási szintjei-

nek elmélyítése. A tanulmány címe megadta a választ az első kérdésre. A *miért* általános elvárásait tömören megfogalmazta az összefoglalás, míg az alkalmazási területek *miért*, és a költséghatékony megvalósíthatóság *hogyan* kérdésköreit bővebben szükséges kifejtetni. A tanulmány az ELM-2084 radar Kárpát-medencében történő alkalmazási

ÖSSZEFOGLALÁS: Az a tény, hogy Magyarország a Kárpát-medence közepén helyezkedik el, sajátos elvárásokat támaszt a katonai légtérelenőrző rádiólokátorokkal szemben. A katonai radarokkal szembeni elvárásoknak alkalmazkodniuk kell ahhoz a tényhez, hogy a környező hegylányok lehetővé teszik határaink rejtett megközelítését. A célfelderítést, útvonalképzést és -azonosítást nehezítő intenzív állócélképződés, a változatos időjárási jelenségek és a hullámterjedési sajátosságok tovább növelik a radarokkal szembeni elvárásokat. A tanulmány röviden áttekinti és értékeli az ELM-2084 MMR típusú multimissziós mobil radar néhány fontos performancia (teljesítmőképesség) jellemzőjét, kiemelt figyelmet fordít az üzemi frekvencia miatt tapasztalható előnyök és kihívások bemutatására, valamint értékelésére. Ebből a típusból a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program (HHP) keretében Magyarország 11 darabot vásárol Izraeltől.

KULCSSZAVAK: ELM-2084 MMR, radar, AESA, radaregnyelet, többfeladatú radar

ABSTRACT: The location of Hungary being in the middle of the Carpathian basin generates specific requirements for civilian and military air traffic control radar performances. The fact that Hungary located in the middle of the Carpathian Basin places special requirements on military surveillance radars. The military expectations of radars must adapt to the fact that the surrounding mountain close distances allow a hidden approach to our borders. Intensive stationary clutter formations, changeable weather phenomena and microwave propagation phenomenon further increase the demands on radars performances, making target detection, tracking and identification difficult. The article briefly reviews and evaluates some important performance features of the ELM-2084 MMR, paying special attention to the presentation and evaluation of the advantages and challenges presented by the operating frequency. Within the framework of the National Defense and Military Development Program (HHP), Hungary is purchasing 11 Israeli radars.

KEY WORDS: ELM-2084 MMR, radar, AESA, Radar Equation, special-purpose (multipurpose) radar

* PhD, kandidátus, nyugállományú alezredes, NKE HHK Katonai Műszaki Doktori Iskola. ORCID: 0000-0003-3566-2904

elvárásaira fókuszál oly módon, hogy a szerző *nem ismeri* a radar *bizalmas*, érzékeny információként kezelt műszaki részleteit, de több mint 40 év *hadmérnöki tapasztalattal rendelkezik* a hasonló típusú radarok továbbfejlesztése, alkalmazása, a logisztikai biztosítás in situ performanciamérések kidolgozása és végrehajtása területén.

A világszínvonalú, a légi és a tüzérségi célok felderítésére, valamint nyomon követésére alkalmas izraeli radarrendszer a tervek szerint 2025-ben áll a Magyar Honvédség szolgálatába. A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében 11 darab új izraeli lokátor rendszerintegrációját a Rheinmetall kanadai leányvállalata végzi; a haditechnikai eszközök egyes részegységeinek gyártása és komplett vég-szerelésük Magyarországon, a honvédség légvédelmi rendszerekre specializált üzemében, Nyírteleken valósul meg.¹

Az ELM-2084 MMR ELEKTROMÁGNESES SPEKTRUM JELLEMZŐI

AZ ELEKTROMÁGNESES SPEKTRUM KATONAI JELENTŐSÉGE

Az a hadsereg, amely előbb – az események szempontjából *valós időben* – képes detektálni, értékelni, majd hatást gyakorolni a műveleti területen végbemenő folyamatokra, egyértelműen előnyre tesz szert. Tény, hogy az elektromágneses hullámtartományban (EMH) végbemenő folyamatok alapvetően jellemzik és befolyásolják a hadszíntéren végbemenő eseményeket. A korszerű katonai koncepciók, mint pl. a „digitális katona” (Digital Soldiers), a számítógéphálózatba kapcsolt vezetési rendszer (Network Centric Operation) megvalósíthatatlanok az elektromágneses spektrum (Electromagnetic Spectrum – EMS) használata nélkül. Napjainkban az internet alapú műszaki megoldások (Internet of Things – IoT) és a mesterséges intelligencia (Artificial Intelligence – AI) egyre bővülő alkalmazási területei lehetővé teszik a környezetünkben végbemenő folyamatok *elektromágneses spektrumot alkalmazó eszközök* érzékelését, in situ mérését, és a vett jelek kiértékelését. [1] Az elektromágneses spektrum szerző általi értelmezését szemlélteti az 2. ábra.

Az ábrával kapcsolatban felmerülő és megválaszolandó kérdések az érdeklődő olvasóhoz:

- Mi az elektromágneses hullámtartomány, és mi köze a szinuszhullámhoz, a fénysebességhez és a matematikailag értelmezett vektorokhoz?
- Miért vannak érzékszerveink és mire szolgálnak?
- Hogyan lát, tájékozódik a denevér és a delfin?
- Mit kell tudni az autóradarokról az iparban, az orvostudományban; a rádióasztromómiában használt szenzorokról, pl. a James Webb űrteleszkópról?
- Mi az interferencia, a holográfia és a kvázi-monostatikus (egymás közelében települt, de egy radarként kezelt) radarrendszerek közötti összefüggés?
- Vannak-e magyar sikerek a radarfejlesztésekben?
- Miért az „S” frekvenciasáv az IAI ELTA ELM-2084 többfeladatú radar fő üzemi tartománya?

A fenti kérdések megválaszolására – a jelen tanulmány mellett – a szerző röviden kitér a kifejezetten fiataloknak szóló könyvében [2] is. (Lásd recenziókat az 43. oldalon.)

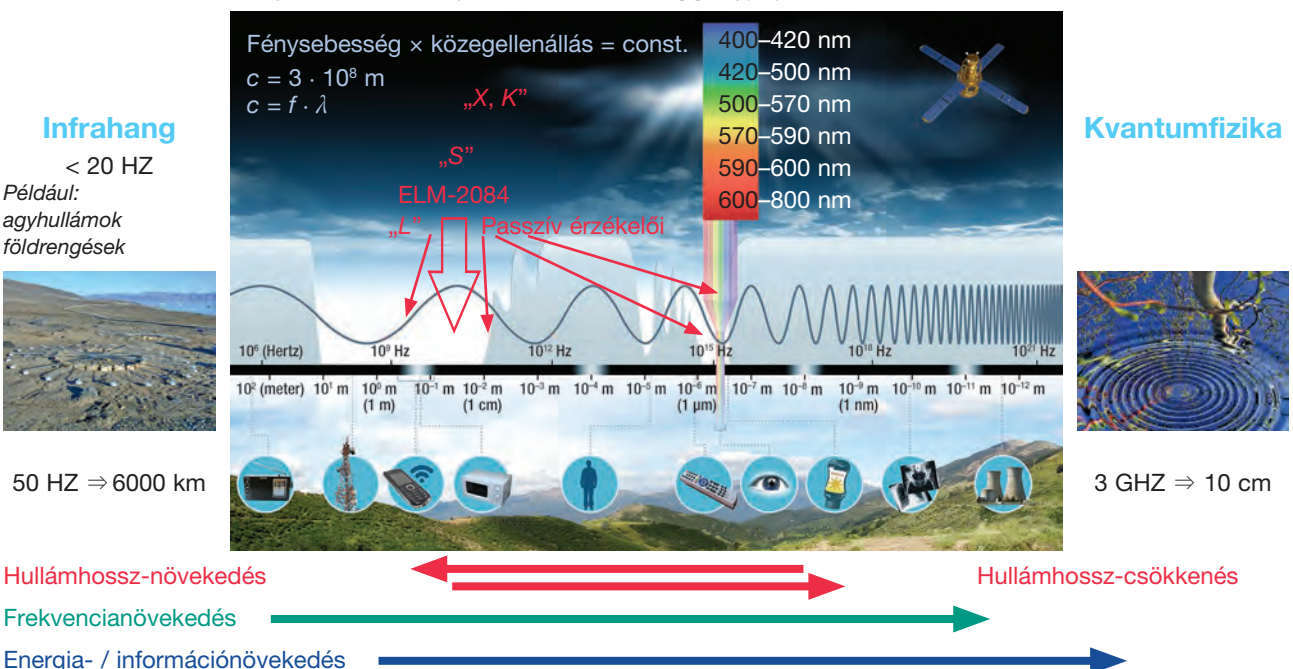
Az elektromágneses spektrumban végzett mérések vonatkozásában kiemelt jelentőségű a *sávzsélesség*, amely – egy adott mérési frekvenciatartományban és konfigurációban – meghatározza az elméletileg elérhető legjobb *mérési pontosságot* és *felbontást*. Kiemelt fontossága miatt lineáris differenciálegyenletekkel szokás kezelni, és fizikai megvalósíthatóságát értelmezni. Egy elektromos áramkör kimeneti feszültség (V_t) összetevőit, idő függvényében, az (1) egyenlet írja le. [3]

$$V_t = L \frac{d^2 q(t)}{dt^2} + R \frac{dq(t)}{dt} + \frac{1}{C} q(t) \quad (1)$$

Ahol: L – induktivitás, R – ellenállás, C – kapacitás, q – elektromos töltés.

Az egyenlet jól használható egyenáram és alacsony frekvenciás áramkörök leírására, mert az áramkörökben a feszültség majdnem fénysebességgel (3×10^8 m/s) terjed. Ennek következtében, 50 Hz-es rendszerek esetén, a körülöttük kialakuló térhullámok másodpercenként 6 millió méterre távolodnak el az áramkörtől. Így a kisugárzott jelnek a teljes szinuszhullámhoz 6000 km út megtétele szükséges, amely-

2. ábra. A teljes elektromágneses spektrum (A szerző szerkesztése [1] alapján)



hez képest az eszköz méretei elhanyagolhatóan kicsik. Ezért megállapítjuk, hogy az áramkör minden pontján a feszültség azonos. Más a helyzet a nagyfrekvenciás, pl. 3 GHz-en üzemelő rendszerek, radarok esetén, ahol a térhullámok csak 10 cm távolságra terjednek egy periódus alatt. Így az áramkör különböző pontjaiban mért feszültség- és áramértékek jelentősen különböznek. Ezeknek a rendszereknek a leírásához és elemzéséhez már az úgynevezett Maxwell-egyenletek jelentik a kiindulási alapot.

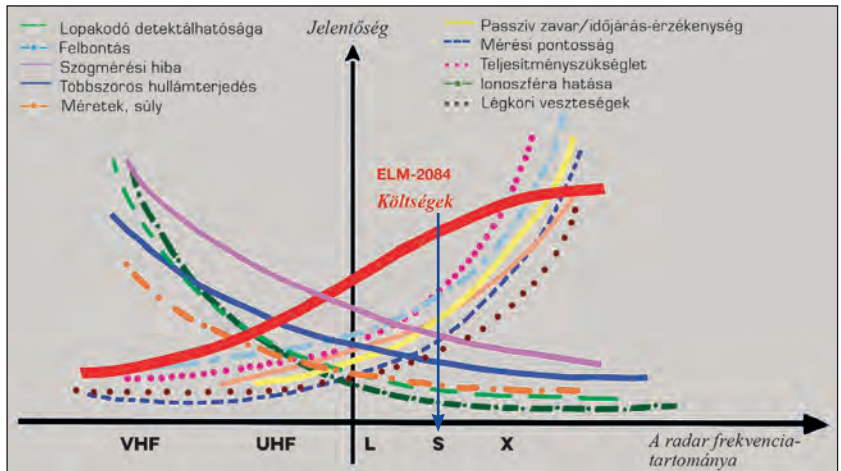
A szerző hadmérnöki múltja lehetőséget ad a katonai terminológia és gondolatmenet alkalmazására. Az 2. ábra bal oldalán ábrázolt infrahang-frekvenciatartományában az agyhullámokkal, a földrengések által keltett rezgésekkel és a fénysebességgel terjedő elektromágneses hullámokkal egyszerre kell foglalkozni. Idetartozik a katonai szempontból fontos nehéz gépjárművek, pl. harckocsik által keltett rezgések különböző közegekben való terjedési sajátosságainak in situ mérése, az egyes járművek néhány km-en belüli lokalizációja, egymástól történő megkülönböztetése. Ez egyben olyan kutatás-fejlesztési (K+F) terület, ahol a passzív lokációs érzékelők, rendszerek által vett jelek detektálását és értékelését végző algoritmusok kidolgozása jelenti a fő kihívást. Az ábra jobb oldali része azt hivatott szemléltetni, hogy a kvantum-kommunikáció, a radar és számítógépek által elérhető, napjainkban még nem teljesen értett fizikai elvek és lehetőségek – pl. a jelenleg alkalmazottnál nagyságrendekkel nagyobb sávzélességek, információátviteli lehetőségek, „feltörhetetlen” titkosítási eljárások, újfajta fizikai elveken üzemelő radarok, kommunikációs és számítógépes eszközök megjelenése –, biztonsági okok miatt nyugtalanítják korunk katonai vezetőit.

Az ábra bal és jobb oldala után vizsgáljuk meg a „fő erők”, tevékenységek központi területeit, ahol a mérnöki elképzelések, innovációk és napjaink katonai tevékenységeinek döntő hányada megvalósul.

Az ELM-2083 MMR ÁLTAL HASZNÁLT ELEKTROMÁGNESES SPEKTRUMTARTOMÁNYOK

Az ELM-2083 MMR radar által használt elektromágneses spektrumot jól látható módon ábrázoltuk az 2. ábrán, míg a spektrumjellemzők sajátosságainak részleteit a 3. ábrán láthatók. Az elsődleges radarrendszer az „S” frekvenciasáv felső tartományában (9 cm hullámhossz) üzemelő nagy teljesítményű, de kis veszteségekkel rendelkező, aktív fázisvezérelt rácsantenna (AESA – Active Electronically Scanning Array) technológiát használ. Az AESA-antennák előnyei közé tartozik, hogy hasonlóan az ablakokhoz, egyszerre több felhasználó „tekinthet át” rajtuk. Így azonos időben több irányba, több frekvencián, egymástól lényegesen különböző feladatokra is alkalmazhatók. Ebből a szempontból fontos, hogy azonos időben hány sugárnyaláb, és milyen paraméterekkel célszerű kialakítani.

A barát-idegen felismerő (IFF – Identification Friend or Foe) másodlagos radarrendszer békében 1030 MHz kéréző (Uplink), és 1090 MHz válasz (Downlink) üzemmódokat alkalmaz. Harcszerű körülmények között joggal feltételezhető – mivel a fix frekvencia elektronikai harceszközökkel könnyen lefogható –, hogy ez a rendszer a teljes „L” frek-



3. ábra. Az „S” frekvenciasávú radar jellemzői (A szerző szerkesztése)

encia sávban (23 cm hullámhossz körül) üzemeltethető. Az 1. ábrán jól megfigyelhetők az oldalsó és hátsó fix telepítésű antennák, amelyek valószínűleg az „X” (3 cm hullámhossz körül) és/vagy a „K” frekvenciatartományokat (1,3 cm hullámhossz körül) használják. Az árbócra szerelt passzív érzékelők az optikai (550 nm hullámhossz körüli) és infravörös (3–8 μm hullámhossz körüli) tartományban üzemelnek. A radarhoz szorosan illeszkedik a (rádió)elektronikai felderítő és kiértékelő rendszer, amely az IFF-antenna alatt található. A katonai alkalmazási lehetőségek és azok hatékonysága, a mérnöki kreativitás és a rendelkezésre álló költségkeretek függvénye. Pl. több sugárnyaláb kialakításához szükség van a párhuzamosan alkalmazható fázisfordító modulok számának, azok passzív vételi performanciára, és paraméterekre beállítható sugárnyaláb-vezérlési jellemzőinek előzetes meghatározására.

MILYEN PERFORMANCIÁKKAL RENDELKEZHET AZ ELM-2084 MMR?

Ezzel a kérdéssel kapcsolatban kínál válaszokat a [2], de a témakör mélyebb megértése érdekében további szakirodalmak tanulmányozása célszerű. [4] [5]

A RADARPERFORMANCIÁK FREKVENCIAFÜGGÉSE

Különböző radarparaméterek frekvenciatartomány szerinti változását szemlélteti a 3. ábra, amely az alábbi radar-egyenlet elemzésével készült. Segítségével behatárolható az ELM-2084 MMR radar legfontosabb, frekvenciától függő jellemzőinek változása.

A radarok alkalmazási lehetőségeit tömegük, antennaméreteik, a frekvenciasáv hullámterjedési veszteségei, és a települési hely sajátosságai határozzák meg. Ugyanakkor a radar műszaki elvárásait és gazdaságilag észszerű megvalósíthatóságát az alkalmazott hullámhossz- és a frekvenciatartomány jelentősen befolyásolja. Azonos műszaki paraméterek eléréséhez a hullámhossz csökkenésével jelentősen csökkennek a radar méretei, valamint a tömege. Ezért magasabb frekvenciatartományokban a hullámhosszhoz viszonyítva kisebb antennamérettel nagyobb antennafelületek, így nagyobb antennanyereség, irányélességi szög, alacsonyabb oldalnyalábszintek és felbontás élehető el. (Értelmezésüket lásd az egyenleteknél.) Ezáltal „élesebb / vékonyabb” sugárnyalábok alakíthatók ki, amelyek

következtében nagyobb mérési pontosság, felbontás (két egymás közelében tartózkodó céltárgy megkülönböztethetősége) és azonos adóteljesítmények esetén hatótávolságnövekedés realizálható. A helyhez kötött földi telepítésű, nagy méretű „távolfelderítő” radarok frekvenciatartománya az „S” sávig terjed. Mobil légtérellenőrző és többfunkciós radaroknál célszerű az „S” és a „C” frekvenciasávot alkalmazni. A magasabb frekvenciatartományok érzékenyebbek az időjárás körülményekre, mivel az alkalmazott hullámhossz mérete azonos vagy kisebb a környezetben található hópehely, esőcsepp és/vagy jégkristály méreteinél. Az elektromágneses hullámok földfelszínről történő visszaverődése is hullámhosszfüggő, ezért az „álló célok” intenzívebbek magasabb frekvenciákon. Ha a szabad térben terjedő sugárnyaláb útjában akadály található, akkor a geometriai optika szerint az árnyékban lévő céltárgyra nem jut energia. A valóság azonban ennél árnyaltabb, mivel az atmoszférában időlegesen jelen lévő turbulenciák, anomáliák hatnak a rádióhullámok terjedésére, így a radarmérések pontosságára. Hatásukkal különösen zivatarfelhők és nagyobb vízfelületek esetén kell számolni, de napjaink legkorszerűbb radarjai már a Föld ionoszférájának változásait is számításba veszik. Az „S” frekvenciasáv alkalmazásának előnyei:

- nagy mérési pontosság távolságban, oldalszögben és helyszögben,
- nagy felbontóképesség,
- aránylag nagy antennanyereség és adóteljesítmény,
- kis méretek, térfogat és tömeg.

Hátrányai: álló célok, passzív zavarok és időjárás-érzékenység, amelyeket költséges mozgócél-kiválasztó és konstans vaklármá-normalizáló rendszerekkel kell ellensúlyozni. További hátrány, hogy a lopakodó-technológiák az „S” sávú radarok ellen is nagyon hatékonyak. Úgy az előnyök kihasználása, mint a hátrányok kiküszöbölése az AESA (Active Electronically Scanned Antenna – aktív fázisvezérelt antenna) felépítésén, a nagyon hatékony GaN (gallium-nitrid) adóvevő kis fáziszajú és kis veszteségekkel rendelkező modulok és a digitális jelfeldolgozás lehetőségeinek „state-of-the art” (legkorszerűbb) alkalmazásán múlik.

A RADAR MAXIMÁLIS HATÓTÁVOLSÁGA

A radarok teljesítményjellemzőit – a performanciáját –, a radaregyenlet határozza meg (2). Az egyenlet szerinti első összetevők az adójel, középen a céltárgyjellemzők, míg a harmadik tag a vételi szakasz jellemzőit írja le. [6] Ebben az esetben elvárás, hogy a radar koherens jelintegrálást² valósítson meg a céltárgy teljes besugárzási idejére, adott minőségű céltárgydetektálási, detekciós és vaklármá-valószínűség követelményekkel. A koherens jelfeldolgozás maximalizált jelfeldolgozási nyereséget ígér egy adott korrelációs időn belül. A fejlesztők feladata annak meghatározása, hogy adott környezeti körülmények között milyen korrelációs együttható értéket lehet a valóságban realizálni, és ezt az értéket milyen hosszú ideig lehet fenntartani.

$$R_{\max} = 4 \sqrt{\frac{P_{\text{át}} t_r G_{\text{Tr}} F_{\text{Tr}}^2 \sigma(\theta) \lambda_0^2 F_p^2}{(4\pi) L_{\text{Tr}}} \frac{G_R F_R^2}{(4\pi) k_B T_s D_x(n) L_R}} \quad (2)$$

Ahol:

- $P_{\text{át}} = P_t \tau f_r$ – az adó átlagteljesítménye,
- P_t – az adóimpulzus teljesítménye,
- τ – az adóimpulzus időtartama,
- f_r – impulzisméltódségi frekvencia (PRF – Pulse Repetition Frequency),

- $t_r = n/f_r$ – a koherens jelfeldolgozás időtartama (n – impulzusszám),
- G_{Tr} – az adóantenna nyeresége,
- L_{Tr} – adóoldali átviteli veszteség (tápvonalak, antenna),
- $\sigma(\theta)$ – a céltárgy hatásos keresztmetszete (RCS) a vevőantenna(-ák) irányában,
- λ_0 – a vivőfrekvencia hullámhossza,
- F_{Tr} – az adó és a céltárgy közötti hullámterjedési tényező,
- F_p – polarizációs együttható,
- F_R – a céltárgy és a vevőpont közötti hullámterjedési tényező,
- R – az adó, a céltárgy és a vevőpont közötti távolság ($R = r_1 + r_2$),
- L_R – vevőoldali átviteli veszteség,
- $D_x(n)$ – „ n ” visszavert jelre vonatkoztatott (integrált) detektálási tényező: jel-zaj viszony,
- x – a Swerling-modell típusának száma, mint referencia,
- n – a céltárgyról visszaverődött és a radar által detektált impulzusszám.

A vevőantenna nyeresége G_R és hatásos felülete A_R közötti összefüggés:

$$G_R = \frac{4\pi A_R}{\lambda_0^2} \quad (3)$$

A vevőrendszer zajteljesítménye:

$$N_R = k_B T_s B_n = E\{|w(n)|^2\} \quad (4)$$

Ahol:

- k_B – a Boltzmann-állandó ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K),
 - T_s – a rendszer vevőbemeneti zajhőmérséklete (K),
 - B_n – a vevőzaj sáv szélessége, optimális a vett jel szempontjából (Hz),
 - $w(n)$ – vevőzaj ADC (Analoge Digital Converter – analóg digitális átalakító) után „ n ” szinten minta vételezve,
 - $E\{|w(n)|^2\}$ – a vevőzaj varianciája, szórása (W).
- A távolságmérés pontossága:

$$\delta R = \frac{c}{2B_n \sqrt{2D_x(n)}} \quad (5)$$

ahol: c – a fénysebesség.

A radar távolság szerinti felbontása az a két egymáshoz legközelebb lévő távolság, amikor még a céltárgyak megkülönböztethetők egymástól:

$$\delta_R = \frac{c}{B_n} \quad (6)$$

Az egyedi radarparamétereket – a könnyebb áttekinthetőség és kezelhetőség érdekében – célszerű kapcsolódó jellemzőik szerint csoportosítani. Ezáltal könnyebben kezelhetők a logisztikai és K+F kihívások, a különböző alkalmazások, illesztések kockázata és ezeknek a radar performanciákra gyakorolt hatása. Ilyen alkalmazási csoportok lehetnek a légtérellenőrző, a légvédelmi és tűzérzégi felderítő radarok, vagy a komplexebb hálózatközpontú kvázi-monostatikus, valamint a bistatikus és multistatikus rendszerek. A leggyakrabban használt paramétercsoportok:

- $P_{\text{át}} G_{\text{Tr}} / L_{\text{Tr}}$ – Az adójel teljesítményparamétereit meghatározó jellemzők.
- $F_{\text{Tr}} F_R F_p$ – Hullámterjedési viszonyok, amelyeket az adó- és vevőantennák egymás polarizációjára való illesztettsége, a repülő eszköz



keresztpolarizációs együtthatója, az adó-és vételi jelek „torzulásai”, valamint a veszteségek határozzák meg.

$\lambda_0 G_R / T_s B_n L_R$ – A vett jel teljesítményparamétereit meghatározó jellemzők. Elektronikai harc körülményei között értékére a zavarvédő eszközök elvárásai a meghatározók.

$(1 + 2v_r/c)$ – Az alapsávi jel „nyuzsorodása”, amely az adójel-moduláció nyúlásában vagy zsugorodásában nyilvánul meg attól függően, hogy a céltárgy távolodik vagy közeledik a radarhoz. Mivel a hagyományos céltárgyak sebessége 4-7 nagyságrenddel kisebb a fénysebességénél, értéke általában elhanyagolható. Napjainkban az alacsonypályás műholdak jelentette fenyegetés, és az energiafegyverek megjelenésével jelentősége felértékelődik.

$2(r_1 + r_2)/c$ – Az alapsávi jel időkésése, amely a céltárgy pontos radiális távolság mérését teszi lehetővé megfelelő moduláció esetén. ($R_{max} = r_1 + r_2$ – bisztatikus radar-konfiguráció)

ω_D – Doppler-körfrekvencia, amely a radiális sebesség mérését teszi lehetővé megfelelő moduláció esetén. (Hosszú impulzus.) A 7. és 8. ábrák esetén értéke függ a L_{eff} és a repülés irányszögének viszonyától.

φ_{21} – Az adójelek kezdő fázisának ismerete a vett jelek szinkronizálásához és a korrelációs együtthatók beállításához szükséges.

$2(r_1 + r_2)k_0$ – A vivőjel fáziskésése, a radarok zavarvédelmi képességeinek növelésében, a kvázi-monostatikus (K-M), az integrált VHF, „L” és „S” radarrendszerek, valamint az in situ radarperformancia-mérésekben játszik döntő szerepet. Értéke $0 \dots 2\pi$ vagy annak többszöröse, mérésével meghatározható az egymáshoz közel települt antennákra érkező jelek fáziskésése, ha az antennák közötti távolságot pontosan ismerjük. Elengedhetetlenül szükséges paraméterek az adaptív szűrők, a céltárgy „ujjlenyomat” / képkalkotás a rádiolokációs hologramokhoz és a közeltéri antennamérésekhez.

$\sigma(\theta)$ – A céltárgyak RCS-értéke a repülőeszköz-fejlesztők kezében van, ezért hatását a radaregyenletre és a korrelációs tényezőre külön vizsgálni kell.

Az ELM-2084 RADAR AESA AKTÍV FÁZISVEZÉRELT ANTENNARENDSZERÉNEK ELEMZÉSE

Az antennarácsok főbb jellemzői és sajátosságai az apertúraamplitúdó és a fáziseloszlás függvényeiből kiindulva, a „gyors Furier-transzformáció” (Fast Fourier Transformation – FFT) térbeli hullámokra történő alkalmazásával számított iránykarakteristikákon keresztül értékelhetők. Az (7) egyenlet által számítható és az FFT mint térbeli szűrő által determinált jel a lineáris (ekvidisztáns-azonos amplitúdó eloszlásfüggvénnyel rendelkező) antennarácson (Uniform Linear Array – ULA) „n” jelszinten mintavételezve felírható [8]:

$$x(n) = \sqrt{M} v(\theta) s(n) + w(n) \quad (7)$$

Ahol:

$$v(\theta) = \frac{1}{\sqrt{M}} [1 e^{-jk_0 d \sin(\theta)} \dots e^{-jk_0 d \sin(\theta)(M-1)}]^T$$

– antenna-irányvektor,

θ – a keskenysávú jel iránya, $(-\pi/2 < \phi < +\pi/2)$,

$\frac{1}{\sqrt{M}}$ – M antennaelemszám, $\sqrt{\quad}$ – a számítási műveletek egyszerűsítésére,

$d \leq \lambda_0/2$ – a szomszédos antennaelemek közötti távolság,

k_0 – térhullámok esetén értelmezett hosszegységre eső hullámszám, vagy időegységre eső hullámszám,

$w(n)$ – a vevőrendszer zajhőmérséklet vektora (3) (korrelálatlanak tekintjük, ezért a mintavételezés „n” előtti szűrők átfedéseiből és az érzékelő elemek kölcsönös egymásra hatásából eredő ideiglenes korreláció értéke elhanyagolható),

$s(n)$ – vételi keskenysávú jelvektor.

A FÁZISVEZÉRELT RÁCSANTENNA FŐBB PARAMÉTEREI

Kimeneti jel az antenna talpponton:

$$y(n) = \sum_{m=1}^M c_m^* x_m(n) = c^H x(n) \quad (8)$$

Ahol: $c = [c_1^* c_2^* c_3^* \dots c_M^*]^T$ – a súlytényezők komplex értékekkel jellemzett mátrixa (a megvalósítástól függően különböző ablakfüggvények alkalmazhatók: Han, Hamming, Taylor, Chejbisev, Klisler, a főnyaláb elvárt szélesség és oldalnyaláb szintjének beállítására).

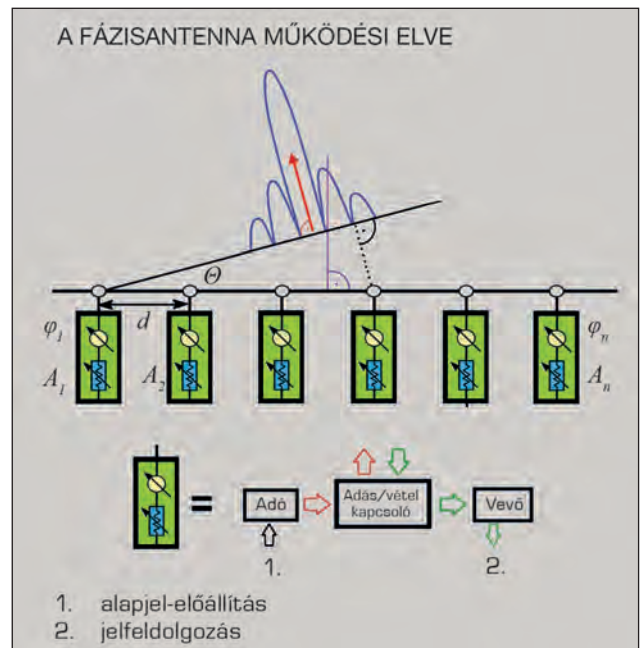
Iránykarakterisztika:

$$C(\theta) = c^H v(\theta) \rightarrow |C(\theta)|^2 \quad (9)$$

Antennaerősítés (antennanyereség) az elvárt jel irányában (θ_j):

$$G_{ny} = \frac{SNR_{rács}}{SNR_{elem}} = \frac{|C^H v(\theta_j)|^2}{IC^2} M \quad (10)$$

4. ábra. Az aktív fázisvezérelt antenna működési elve
(A szerző szerkesztése)



Általános elfogadott AESA aktív fázisvezérelt antenna-rendszer működését szemlélteti a 4. ábra. Itt minden elemi adó-vevő modul tartalmazza az adójel-erősítést, egy adásvétel kapcsolót, a fázis szabályzót és a vételi rendszert. Az alapjel-előállítás történhet modulonként szinkronizáltan, vagy egy központi egységben jelszétosztó hálózaton keresztül. A koherens jelfeldolgozás érdekében az adó és a vevő alrendszerek szinkronizáltak. Az elemi modulok egymástól „d” távolságra helyezkednek el, és ez a távolság az éppen aktuális frekvencia függvényében határozza meg az elektromos sugármozgathoz szükséges modulszintű fázisbeállítás mértékét. Az egymástól „d” távolságra lévő sugárzó elemek, modulok fázisa (φ_n) és amplitúdója (A_n) eltér egymástól egy „ θ ” szöggel, az így kialakuló hullámfront a tér egy adott pontja felé „elmozdul”. Ezáltal a radar elemi sugárzóinak teljesítménye a térben adódik össze és nem a radarban, mint a passzív radarantennák alkalmazásakor.

PÉLDA AZ ELM-2084 RADAR FŐBB PERFORMANCIA LEHETŐSÉGEIRE

Az ELM-2084 radart az alábbiakban a bizalmasan kezelt, pontos paraméterek nélkül modellezzük. Erre a hasonló, de ismert polgári és katonai radarok adatai és a szakirodalomban használt [6] [8] szimulációk adnak lehetőséget. Ezek ismerete alapján első megközelítésben kiszámíthatók az ELM-2084 radar-performanciák elvárható értékei, így a maximális hatótávolsága is meghatározható. Alkalmazzuk a szakirodalomból ismert gyakori elvárásokat:

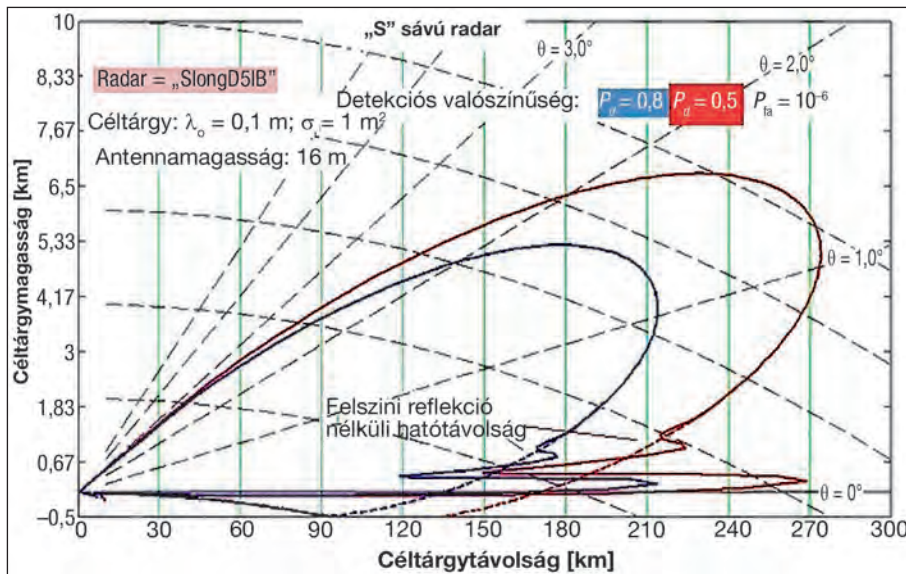
Szabvány céltárgy: S_{w1} , $P_d = 0,8$ és $0,5$; $P_{fa} = 10^{-6}$, $\sigma = 1 \text{ m}^2 \equiv 0 \text{ dB}$;

Térletapogatósi módok: háromdimenzióban (3D-s) – 6 antenna fordulat/perc oldalszögben, párhuzamos helyszögben;

Főnyálabszélesség, oldalszögben és helyszögben (félteljesítményen -3 dB) = $1,5^\circ$

Szimulációs eredmények a szakirodalom [6] felhasználásával, ha az „S” sávú radar működési paraméterei: $P_t = 50\,000 \text{ W} \equiv 46,99 \text{ dB}$; $\tau = 300 \mu\text{s} \equiv -35,23 \text{ dB}$; $f_r = 300 \text{ Hz}$; $G_{Tr} = 33,40 \text{ dB}$; $G_R = 40,50 \text{ dB}$; $T_s = 898 \text{ K} \equiv 2,5 \text{ dB}$; $f_o = 1/\lambda_o = 3,1 \text{ GHz} \equiv 94,91 \text{ dB}$; $F = 0 \text{ dB}$; $D_1(1) = 14,51 \text{ dB}$;

5. ábra. Az „S” sávú radar céltárgydetekciós performanciája $P_d = 0,8$ és $P_d = 0,5$ esetére
(A szerző szerkesztése)



$L_{TR} + L_R = 9,41 \text{ dB}$. A céldetektálás magasság/távolság szerinti lehetőségeit az 5. ábra mutatja. $R_{max} = 217 \text{ km}$, ha $Sw1$, $P_d = 0.7/P_{fa} = 10^{-6}$. Vegyük észre, hogy az adóantenna nyeresége $7 \text{ dB} -1$ eltér a vevőantenna-nyereségtől, de alap üzemmódban ezzel megegyezhet. Ez esetben a maximális hatótávolság 300 km fölé növekedhet. Ugyanakkor a radar erőforrásainak ütemezése szempontjából célszerű a 7 dB adóteljesítmény-különbséget tartalékolni a több feladatú üzemmódok optimalizálása érdekében.

Az 5. ábrán megfigyelhető, hogy a többszörös hullámterjedés okozta földközeli nyaláb rendkívül szűk, és a felszíni egyenetlenségek miatt nem használható céldetektálásra, ugyanakkor jelentősen növeli a vaklármat. Ennek a hatásnak a csökkentése az oldalnyálabszintek helyszög szerinti manipulálása a megoldás. A számítások további részletekkel egészíthetők ki a szakirodalom [8] lehetőségeinek felmérésével.

A radarok hatékonyságát tovább növelhetjük azzal, hogy kihasználjuk a feladataikkal kapcsolatos előzetes ismereteinket. Előre kidolgozhatunk olyan eljárásokat, amelyekkel a radar – feladataihoz igazodva – optimális adójel-sáv szélességgel, teljesítménnyel, antenna-iránykarakterisztikai jellemzőkkel és elvárt gyakorisággal tapogtatja le a körülöttük lévő teret.

Az ELM-2084 RADAR LÉGTÉRELLENŐRZÉSI ÜZEMMÓDJA

Az ELM-2084 radar légtérelőrzési radar a Magyar Honvédség Légierő Parancsnokság honlapján [9] meghatározott feladatok végrehajtásának eszköze. Az alaprendeltetése a magyar légtérben és annak közvetlen környezetében megjelenő repülőeszközöknek az előzőleg tárgyalt elvárások szerinti detektálása, útvonalba fogása, az útvonal fenntartása és azonosítása. Ezért a háromdimenziós (3D-s) távolfelderítő radarok nagy kiterjedésű légtérek ellenőrzésére optimalizáltak, így tartalmazniuk kell egy azonos távolságot és egy azonos magasságot alkalmazó ellenőrzési területet. Ezen belül azonos detektálási és vaklárma-valószínűségekkel kell megoldaniuk a légtérben tartózkodó repülőeszközök felderítését. A 3D-s radarok képesek a céltárgyak távolság-, illetve oldalszög-, és a magassági helyzetükre vonatkozó adatokat egyidejűleg meghatározni. Általános 3D-s légtérelőrző radar térletapogatósi elvet szemléltet a 7. ábra. A korszerű ELM-2084 radarral (6. ábra) szemben támasztott további követelmény, hogy a felderített fontosabb céltárgyakat detektálás után, adott szektoron belül, egy külön erre a célra kijelölt tűnyalábbal folyamatosan megfigyelje.

A 7. ábrán megfigyelhető a kis és nagy hatótávolságú üzemmódok egymáshoz viszonyított helyzete, míg az 1. táblázatban az ismert főbb műszaki paraméterek összefoglalása látható.

A radar által detektált és plottal jelzett célokról szolgáltatott információból mielőbb útvonalat kell képezni, mivel csak útvonalakra lehet feladatokat szabni. Az útvonalképzés azonban jelentős információvesztéssel jár, ezért valós környezetben a céltárggyal kapcsolatos



6. ábra. Az ELM-2084 3D légtérelőző radar (Forrás: HM Zrínyi / Fotóarchívum)

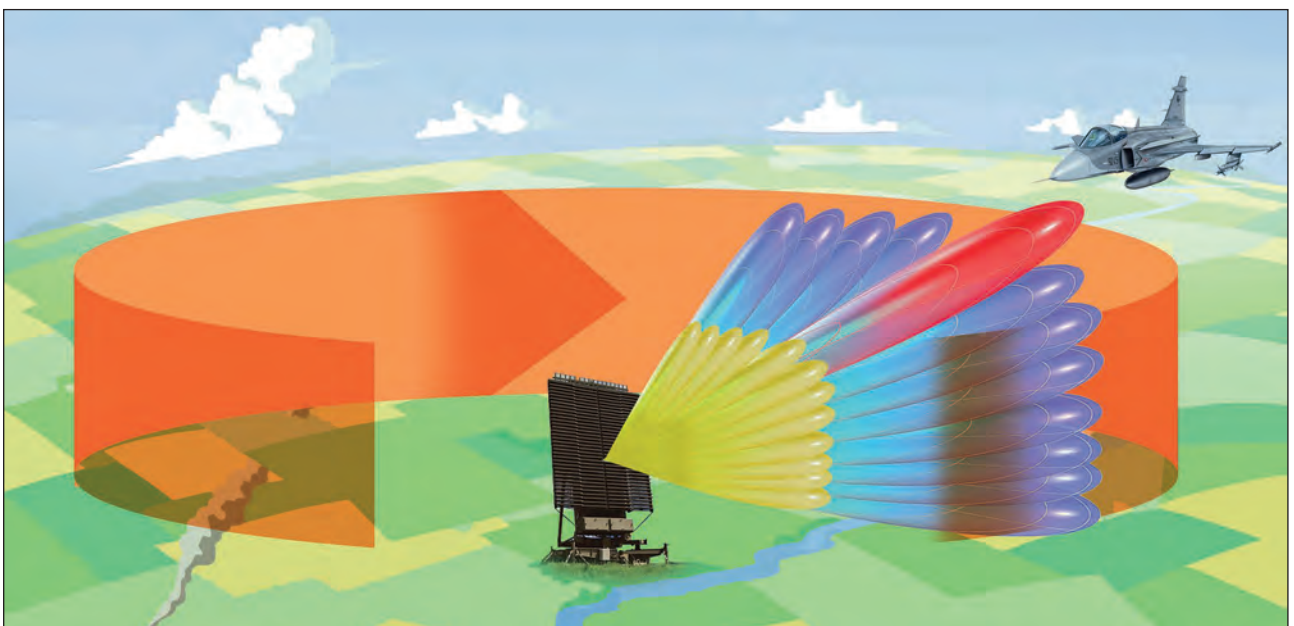
mérési eredmények korrelációját és a plotokból kialakuló útvonalkezdetek becslését, külön erre a célra optimalizált algoritmusok végzik. A becslés során három fő összetevőt kell figyelembe venni:

- kinematikus összetevők (pozíció, sebesség, gyorsulás, fordulósugár stb.);
- a radarkörnyezeti jellemzők (radarimpulzus-szélesség, spektrumjellemzők, céltárgytípus stb.);
- állandó vagy lassan változó paraméterek (a céltárgy aerodinamikai jellemzői).

A repülőeszköz kinematikai jellemzőit nem tudjuk befolyásolni, mivel ez a szemben álló fél kezében van, de a műszaki lehetőségeiket értékelni kell, hogy optimalizálhatók legyenek a radarban szükséges jelfeldolgozási és adatfeldolgozási kapacitások.

A radarkörnyezeti jellemzők azok, amelyeket a legteljesebb mértékben a céldetektálás és az információegyesítés érdekeinek lehet alárendelni, hiszen saját rendszerünk erre a feladatra optimalizálható. Az adatfúziós valószínűséget leginkább az adatok korrelációja befolyásolja, amely a repülőeszközök manőverező képességétől függ. Napjaink széleskörűen alkalmazott adatfúziós algoritmusai (a Kalman-szűrők, vagy kiterjesztett Kalman-szűrők) 7–8 G gyorsulásértékig képesek megbízhatóan követni a manőverező céltárgyakat. A pilóta nélküli repülőeszközök néhány fajtája, például a hiperszonikus rakéták, akár 25 G gyorsulással is mozoghatnak. Külön kihívást jelentenek a kis sebességgel, de nagy gyorsulási potenciállal rendelkező drónok, ahol már 150 km/h sebesség esetén is a radar adatfrissítési, plotképzési, korrelációs időtényezője keve-

7. ábra. Általános 3D-s légtérelőző radar területapogatósi elve (A szerző szerkesztése)



1. táblázat. Az ELM-2084 légtérelenőrző radar főbb jellemzői

Jellemzők	Nagy hatótávolságú	Réskitöltő	Megjegyzés
Elméleti hatótávolság	470 km (250 nm)	250 km (135 nm)	
Lefedettség/oldalszög	360° vagy 120°	360° vagy 120°	választható
Lefedettség/helyszög	0–33 km-ig	0,1–3 km-ig	-10° +30°
Mérési pontosság	50 m, <0,25°, <0,2°	50 m, <0,2°, <0,2°	Távolság/oldal-/helyszög
Üzemi frekvenciasáv	„S” sáv ($\lambda = 9$ cm)	„S” sáv ($\lambda = 9$ cm)	
Útvonalképzés	Max. 1100	Max. 30 AFP*	
Céltárgytípusok	minden, ami a légkörben található	lővedékek, kistrakéták	Swerling 1,2,3,4,5
Céltárgy-azonosítás	nem publikus adat	IFF**	nem publikus adat
Telepítési mód	Fix, mobil	mobil	nem publikus adat
Hadrafoghatóság	Nagy megbízhatóságú, fokozatosan leépülő redundáns rendszerek		

*AFP – Antennafordulat percenként, **IFF – barát-idegen felismerés

sebb, mint 2 s. Ezért az útvonalképzés új típusú algoritmusok („multi hipotetikus”, „nem parametrikus” szűrők) kidolgozását és alkalmazását várja el.

A réskitöltő radarok és légvédelmi rendszerek tulajdonságairól bővebb információ található a [10] szakirodalomban.

Az ELM-2084 RADAR LÉGVÉDELMI ÉS TŰZÉRSÉGI LŐVEDÉK FELDERÍTŐ ÜZEMMÓDJA

Az ELM-2084 légvédelmi és tüzérségi lövedék felderítő radar – a honvédelmi miniszter döntése alapján – a Magyar Honvédség Szárazföldi Parancsnokság meghatározott feladatainak végrehajtási eszköze [11].

A szakirodalom hasonló feladatok ellátására alkalmas radarokat ismertet: AN/TPQ³-36, AN/TPQ-37, AN/TPQ-53, COBRA, ARTHUR, Aistyonok. A szárazföldi csapatoknál történő alkalmazás sajátossága, hogy a harctereken a tüzérségi lövedékek detektálására és követésére szolgáló radarok egy adott szektorban folyamatosan pásztázzák a rádióhorizontot, ahol a lövedékek felbukkanhatnak. (8. ábra) Ha lövedéket, kistrakétát vagy drónt detektál a kereső radarnyaláb, a központi számítógép azonnal a horizontot pásztázó sugárnyalábtól frekvenciában eltérő, és mérési pontosságban jobb paraméterekkel rendelkező nyalábokkal követi.

8. ábra. Az általános tüzérségi felderítőradar térletapogató elve (A szerző szerkesztése)



9. ábra. Az ELM-2084-es légvédelmi és tüzérségi lövedék-felderítőradar

A különböző céltárgyakra vonatkozó adatbázisok segítségével automatikusan meghatározhatók a lövedékek mozgásparaméterei, típusai, és kiszámíthatók az ellenintézkedésekhez szükséges adatok is. Ellenintézkedés alatt az ellenséges tüzérszükséglet azonnali (ideális eset), vagy néhány percnél belüli megsemmisítését értjük, mivel a lövedék pályájából kiszámítható annak becsapódási és indítási helye. A tüzérségi lövedékek útvonalképzése, az alkalmazott algoritmusok hasonlóak a légtérelenőrző radarral szembeni elvárások felsorolásában leírtakhoz, ugyanakkor a különböző céltárgytípusok, kevert ballisztikus röppályák és a manőverező drónok útvonalképzése, még több, párhuzamosan alkalmazott sugárnyaláb esetén is komoly műszaki feladat.



2. táblázat. Az ELM-2084 légvédelmi és tűzérési lövedék-felderítőradar

Jellemzők	Réskitöltő	Megjegyzés
Elméleti hatótávolság	100 km	
Lefedettség/oldalszög	120°szektor	választható
Lefedettség/helyszög	0,1–3 km-ig	-10° +50° konfigurálható
Mérési pontosság	0,3% CEP*	Távolság/oldal/helyszög
Üzemi frekvenciasáv	„S” sáv ($\lambda = 9$ cm)	
Útvonalképzés	200 céltárgy/perc	
Céltárgy típusok	Lövedékek	Minden, ami ballisztikus pályán repül
Céltárgy-azonosítás	adatbázisból	
Telepítési mód	mobil	Repülőgéppel szállítható
Hadrafoghatóság	Nagy megbízhatóságú, fokozatosan leépülő redundáns rendszerek	

* CEP – Circular Error Probable (körkörös mérésihiba-valószínűség).

A 9. ábrán az ELM-2084 típusú légtérelenőrző, légvédelmi és tűzérési felderítőradar látható.

A 2. táblázat összefoglalja a radarra vonatkozó ismert műszaki jellemzőket.

ÖSSZEGRZÉS

A tanulmány részletesen összefoglalta és vizsgálta az ELM-2084 többfeladatú radaroknak az elektromágneses spektrum által behatárolt főbb performancia jellemzőit. A radaregyenlet alkalmazásával ismertette a legfontosabb elvárható műszaki paramétereket, és bemutatta az elvárható performanciák megvalósításának kihívásait. Megállapítható, hogy ez a radartípus mindkét alkalmazásban megfelelhet korunk korszerű elvárásainak.

Ugyanakkor történelmi tapasztalataink arra figyelmeztetnek, hogy újfajta megközelítésben keressük a napjainkban megjelenő kihívások megoldásait. Ilyen kihívások a hiperszonikus fegyverek légtérelenőrzés célú radarfejlesztésekre vonatkozó elvárásai. Erre az ELM-2084 még nem lehet képes, de minden paramétere adott ahhoz, hogy 5 éven belül ezzel a képességgel is rendelkezzen. Az új fejlesztési lehetőségek elősegítése céljából kidolgozás alatt áll egy a közeljövőben megjelenő tanulmány, amely a magyar ELM-2084 radarok legfontosabb, a szerző által perspektivikusnak tartott K+F fejlesztési lehetőségek – in situ radarperformancia-vizsgálat, meteorológiai adatszolgáltatás, kvázi-monostatikus, holografikus képalkotó üzemmódok, hiperszonikusfegyver-felderítési képesség – műszaki alkalmazásainak elvárásait foglalja össze. A HHP keretében a Magyar Honvédséghez érkező lokátorok jelenleg a világ legkorszerűbb radareszközei közé tartoznak.

HIVATKOZOTT IRODALOM

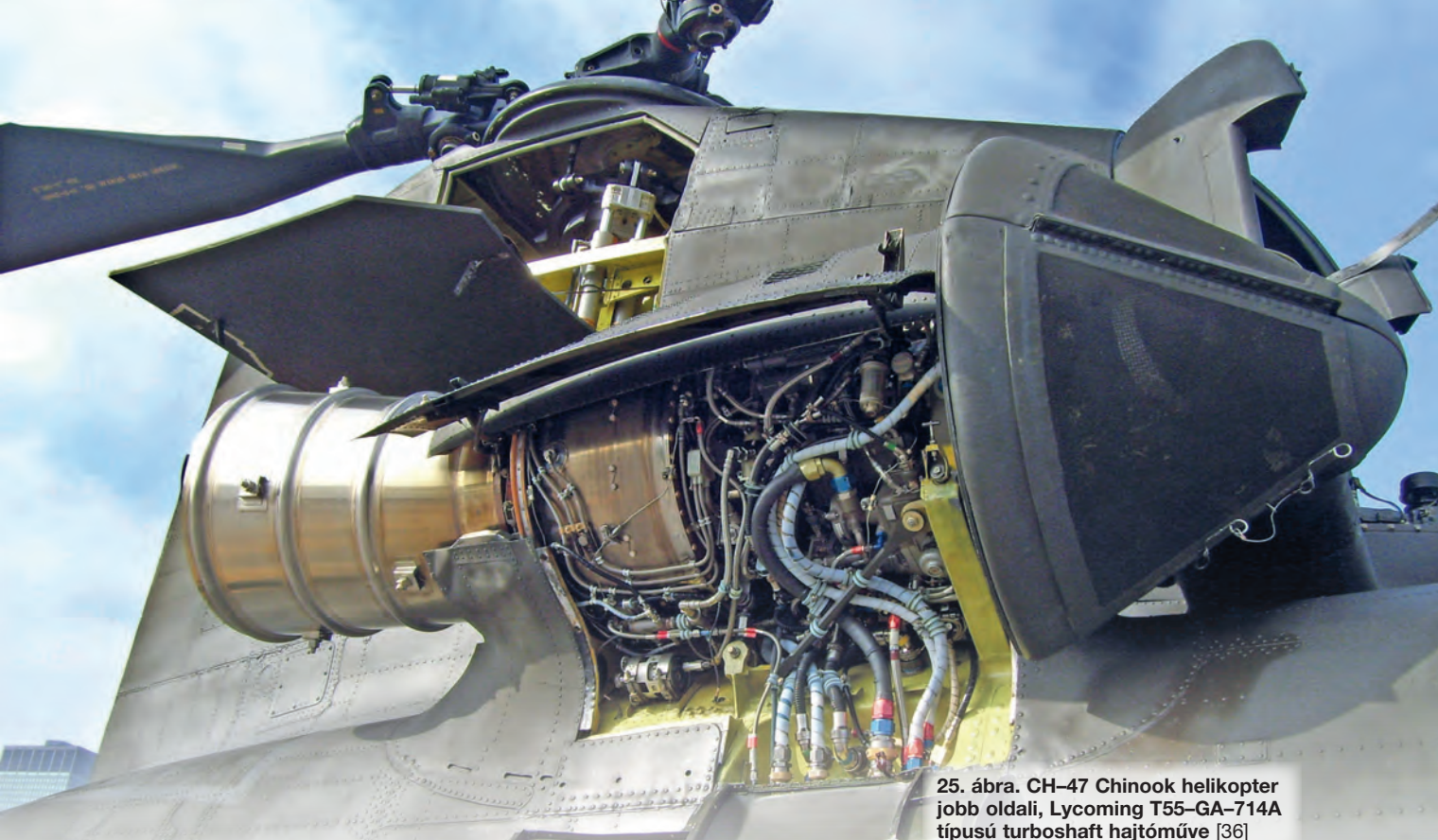
- [1] Elektromágneses sugárzás: https://hu.wikipedia.org/wiki/Elektrom%C3%A1gneses_sug%C3%A1r%C3%A1s (Letöltve: 2022.12.12);
- [2] Balajti István, *A RADAR – Haditechnika Fialoknak sorozat* (Budapest: Zrínyi Kiadó, 2021), 1–72.;
- [3] Gregson, S., McCormick, J., PariniC. „Principles of Planar Near-Field Antenna Measurements”, The

Institution of Engineering and Technology ISBN 978-0-86341-736-8;

- [4] Balajti István, „A rádiófrekvenciás radarhálózatok előnyei és megvalósításuk kihívásai –Az ELM-2084 rádiólokátor-technológia alapján, *Haditechnika* LV. évf., 5. (2021): 8–15. <http://doi.org/10.23713/HT.55.5.02>;
- [5] IAI, „ELM-2084 MMR Multi Mission Radar”, <https://www.iai.co.il/p/elm-2084-mmr> (Letöltve: 2022.12.12);
- [6] Barton. David K, 2005. *Radar system analysis and modeling* (Boston: Artech House, 2005) p. 545.;
- [7] Manolakis, D. G., Ingle, V. K., Kogon, S. M. *Statistical and adaptive signal processing*. London, Artech House 2005. p. 796. ISBN 1-58053-610-7
- [8] „Prerelease Release Highlights - MATLAB & Simulink” <https://www.mathworks.com/help/phased/ug/uniform-linear-array.html> (Letöltve: 2023.1.23.);
- [9] „Magyar Honvédség Légierő Parancsnokság” honvedelem.hu <https://honvedelem.hu/alakulat/magyar-honvedseg-legiero-parancsnoksag.html> (Letöltve: 2023.1.23.);
- [10] Tömböl László. Juhancsik János, *NASAMS – Légvédelem a XXI. században – Haditechnika Fialoknak sorozat* (Budapest: Zrínyi Kiadó, 2021) 1–72.;
- [11] „Magyar Honvédség Szárazföldi Parancsnokság” honvedelem.hu <https://honvedelem.hu/alakulat/magyar-honvedseg-szarazfoldi-parancsnoksag.html> (Letöltve: 2023.1.23.).

JEGYZETEK

- 1 <https://infostart.hu/belfold/2022/11/21/a-vilag-legmodernebb-radarrendszeret-allitjak-hadrendbe-magyarorszagon#>
- 2 Két azonos frekvenciájú hullám akkor mondható koherensnek, ha a találkozásukkor interferenciára képesek, azaz a fáziskülönbségük egy adott helyen időben állandó, vagy nagyon lassan változik.
- 3 Az egyesített elektronikai típusjelölési rendszer (Joint Electronics Type Designation System – JETDS) az Amerikai Egyesült Államok háborús minisztériuma által, a második világháború során kifejlesztett, és 1957-ben a MIL-STD-196 szabványban formalizált kategorizálás szerint: az AN/ Army/Navy (Marines) – hadsereg/haditengerészet (tengerészgyalogság), T – hordozható, jármű által szállított, P – célokat detektáló és plottal jelző, Q – többfeladatú.



25. ábra. CH-47 Chinook helikopter jobb oldali, Lycoming T55-GA-714A típusú turboshaft hajtóműve [36]

Varga Béla*

A gázturbinás repülőgép-hajtóművek fejlesztési irányai III. rész

A szerző, tanulmányorozata előző részében – a gázturbinás propulziós rendszerek bemutatása során –, ismertette a turbólégcsavaros (Turboprop) hajtóművek szabadturbinás és egytengelyes hajtómű-elrendezésű típusait, majd a turboshaft hajtóművek első két generációját mutatta be. Ebben a kategóriában először a kis teljesítményű segédhajtóművek készültek el (Auxiliary Power Unit – APU), amelyek feladata a repülőgépek főhajtóműveinek indítása, a fedélzeti elektromos energiaellátó rendszer táplálása, és a légkondicionáló rendszer levegővel történő ellátása. A szerző, sorozatának 3. részében folytatja a hajtóműgenerációk ismertetését, majd a segédhajtóművek tulajdonságait és feladatait elemzi.

A következő generációs szovjet helikopterek erőforrása a TV3-117 hajtóműcsalád. Kialakításában hasonlít a TV2-117A hajtómű szerkezetére, eltekintve a két további kompresszorfokozattól, amelyek nagyobb kompresszor-nyomásviszonyt biztosítanak, valamint a TV3-117 hajtómű tömegárama némileg magasabb. Ezeket a hajtóműveket alkalmazták majdnem az összes – a Mil Mi-8SMT, a Mi-17-es, a Mi-14-es, a Mi-24-es, a Mi-25-ös, a Mi-35-ös, a Mi-28-as, a Kamov Ka-27-es, a Ka-28-as, a Ka-29-es, a Ka-31-es, a Ka-32-es, a Ka-50-es és a Ka-52-es – orosz közepes szállító- és harci helikopterben, bizonyítva megbízhatóságukat. [29] Természetesen a turboshaft hajtóművek a legtöbb gyártó cég számára vonzó terméké váltak, és manapság 10-12

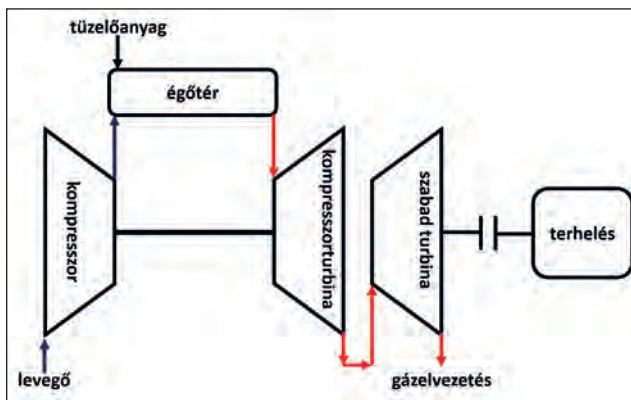
gyártó uralja a piacnak ezt a szegmensét. Típusaiknak, illetve azok modifikációinak száma szinte megszámlálhatatlan.

Az 1960-as évekre kialakult a turboshaft gázturbinák ma is alkalmazott, klasszikus elrendezése (26. ábra), amely leginkább a szabadturbiná alkalmazásában nyilvánult meg. Az úgynevezett gázgenerátor-egység (kompresszor, égőtér, kompresszorturbina) nincs mechanikai kapcsolatban a szabadturbinával, amely lehetővé teszi, hogy a forgószárny fordulatszáma független legyen a gázgenerátor-egység fordulatszámától. Ennek megfelelően a szabadturbiná csak gázdinamikai kapcsolatban van a gázgenerátor-egységgel, vagyis a kompresszorturbinán munkát végző közeg maradék energiája a szabadturbinában hasznosul, biztosítva a szükséges tengelyteljesítményt.

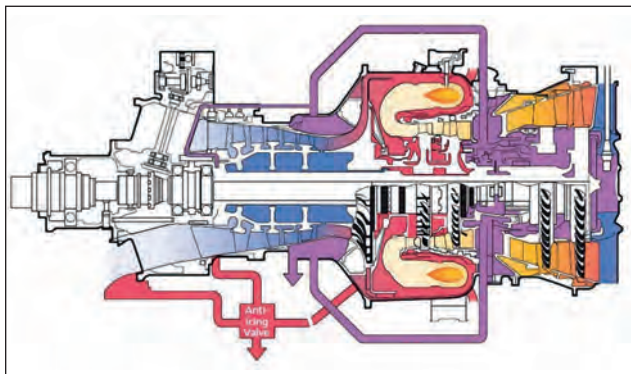
Bár az elv nem változott az 1950-es évek óta, a helikopter-hajtóművek jelentős fejlődésen mentek keresztül. Az elrendezés annyiban módosult, hogy gyakorivá vált a fordított áramú égőtér,¹¹ és a turbinafokozatok egy része bekerült az égőtérház alkotta gyűrűbe. Sok esetben frontkihajtást alkalmaznak úgy, hogy az első fordulatszám-csökkentő fokozat a hajtómű része. Ennek hatására a hajtóművek kompaktabbá váltak, tömegük is csökkent. Fajlagos mutatóik és termikus hatásfokuk a turbina előtti gázhőmérséklet növekedésének hatására annak ellenére javultak, hogy az előző szerkezeti változtatások sokszor inkább negatív hatást gyakoroltak ezekre a mutatókra.

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





26. ábra. A turboshaft hajtóművek ma is alkalmazott kialakításának elvi vázlata (A szerző szerkesztése)



27. ábra. A Rolls-Royce Turbomeca RTM322-es hajtómű szerkezeti vázlata [30]

A Rolls-Royce Turbomeca RTM322-es hajtómű hosszmetzeti vázlatán jól láthatók ezek a szerkezeti jellegzeteségek (27. ábra). A kompresszor 3-5 axiális fokozatát egy ugyanazon tengelyre szerelt centrifugál kompresszor fokozat követi. A centrifugál fokozat alkalmazásának oka, hogy képes kiváltani 4-5 axiális fokozatot.

Ez egyrészt csökkenti a hajtómű hosszúságát, másrészt, a centrifugális kompresszoroknak ugyan általában rosszabb a politrópikus hatásfoka, mint az axiális kompresszoroknak, de a kis levegőszállítás miatt az utolsó fokozatok alacsony lapátmagassága axiális kompresszor esetén még a centrifugál kompresszornál is rosszabb politrópikus

hatásfokot produkálna. A fordított áramú égőtér szintén csökkenti a hajtómű hosszúságát, bár ez némileg növeli az égőtérben bekövetkező nyomásvesztésüket. A turbinalapátok az első fokozatokban hűtöttek, bár a turbina előtti gáz hőmérséklet alacsonyabb, mint általában a többi gáz-turbínakategória esetében. A szabad turbina-lapátok jellemzően nem, vagy csak minimálisan hűtöttek. A gázvezető rendszer csak a munkát végzett gáz szabadba vezetésére szolgál.

A 28. ábra is egy korszerű helikopterhajtóművet ábrázol, amely az MTU Aero Engines AG terméke, és párosan beépítve az Airbus Helicopters Tiger erőforrását biztosítja.

A fenti hajtóművekhez képest újdonság, hogy itt az első axiális kompresszor fokozatokat is felcserélték egy centrifugális fokozatra. Ez rövidebb és kompaktabb elrendezést biztosít, csökkenti a pompázis hajlamot, és kis levegőfogyasztás mellett is elfogadható kompresszor- és turbina hatásfokot eredményez. A 5. táblázat szemlélteti a hajtómű két változatának teljesítmény-, tömeg- és méretadatait.

Összegezve a napjainkban alkalmazott turboshaft hajtóművek jellemzőit, általában a következő hajtómű adatokkal találkozhatunk:

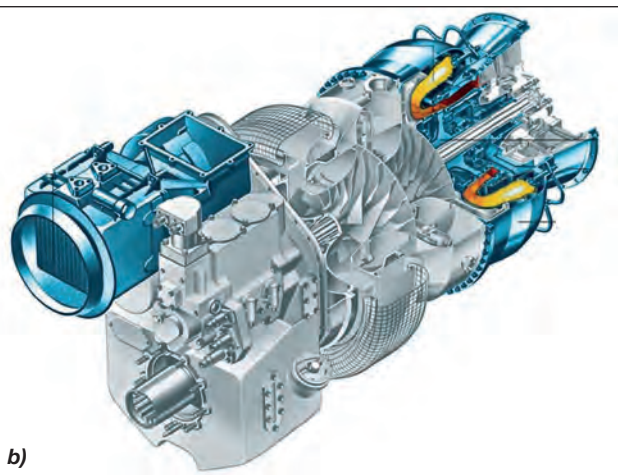
- tengelyteljesítmény: 200–3700 kW;
- kompresszor-nyomásviszony: 7–16;
- levegőfogyasztás: 2–15 kg/s;
- turbina előtti gáz hőmérséklet: 1100–1500 K;
- termikus hatásfok: 20–35%;
- fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás: 0,25–0,43 kg/kWh;
- hajtóműtömeg: 80–400 kg.

KISEGÍTŐ HAJTÓMŰVEK (AUXILIARY POWER UNIT – APU)

A segédenergia-egységek olyan kis méretű gázturbinák (turboshaftok), amelyek a tolóerő képzéshez közvetlenül nem járulnak hozzá, mivel alapvető feladatuk a különböző fedélzeti rendszerek (elektromos, pneumatikus, hidraulikus) energiaellátása. Biztosítják például a hajtóművek indítását, ellátják levegővel az ECS-t¹³, vészhelyzet esetén elektromos táplálást biztosítanak a fülke berendezései számára. (29. ábra)

- Gázgenerátor-egység, amely a szükséges tengelyteljesítményt biztosítja. Tüzelőanyaggal történő ellátása a repülőgép tüzelőanyag-rendszeréből történik.
- A munkakompresszort a gázgenerátor tengelyére rögzítették, amely a szükséges levegőt biztosítja a repülőgép ECS-rendszere számára, amíg a működő hajtó-

28. ábra. Az MTR390 típusú hajtómű az Airbus Helicopters Tiger erőforrása és metszeti képe [31]

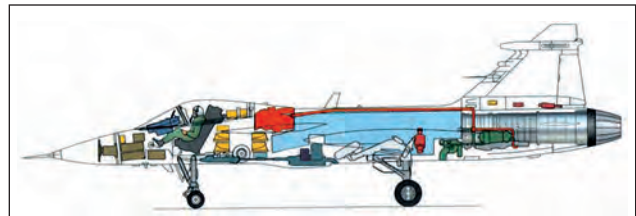


5. táblázat. Az MTR390-es hajtóműváltozatok legfontosabb adatai (beépítés előtt, NEL¹² H = 0 m) [31]

Jellemző paraméterek	MTR390-2C	MTR390E
Felszálló-teljesítmény [kW]	958	1094
Vészteljesítmény (30s) [kW]	1160	1322
Maximális folyamatos teljesítmény [kW]	873	1000
Fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás (felszálló) [kg/kWh]	0,284	<0,299
Fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás (max. foly.) [kg/kWh]	0,280	<0,293
Levegőfogyasztás (felszálló) [kg/s]	3,2	3,6
Kompresszor-nyomásviszony (felszálló)	13	14
Szabad turbina tengelyfordulatszám [1/perc]	8320	8320
Hosszúság [mm]	1078	1078
Szélesség [mm]	442	442
Magasság [mm]	682	682
Tömeg [kg]	169	<179



29. ábra. Napjainkban az Airbus A380 típuson alkalmazott PW 980A APU a legerősebb 1,3 MW teljesítményű segédhajtómű [32]



30. ábra. Az APU (zöld színnel jelölve) és az ECS (narancs-sárgával jelölve) elhelyezése egy korszerű harci repülőgépen [33]

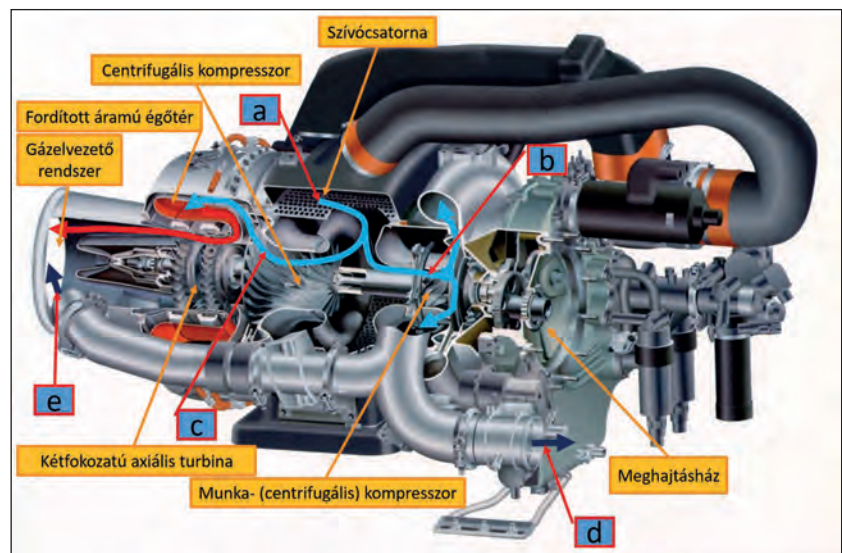
a repülőgép-hajtómű (többhajtóműves elrendezésnél az első) indító légturbinája számára, valamint ellátja levegővel a repülőgép fülke- és utastérűtésére és -hűtésére is használt ECS-t. Valójában így függetleníti a repülőgépet a földi kiszolgáló berendezésektől, lehetővé téve az önálló indítást, valamint szükségtelenné teszi a hajtómű beindítását

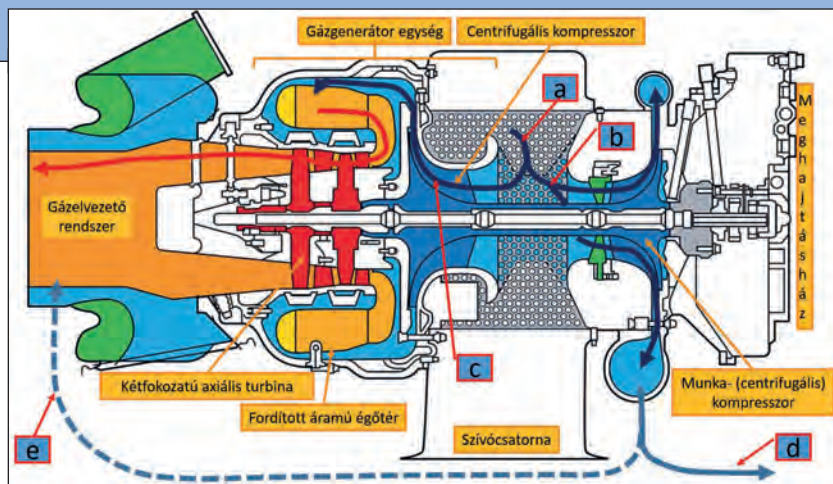
művek megcsapolása nem lehetséges. A munkakompresszorba belépő levegő mennyiségét előperdítő lapátoszorú szabályozza, egy pompázsgátló szelep pedig a kompresszor stabil működését teszi lehetővé. Előfordul, hogy munkakompresszor helyett az APU gázgenerátor kompresszorától vezetnek el levegőt a különböző felhasználási helyekre.

- A meghajtáshoz biztosítja az olajhűtésű generátor, valamint az APU saját segédberendezéseinek meghajtását is, továbbá a saját indítómotor is ezen keresztül adja át a szükséges nyomatékot az indításkor, amelynek táplálása a repülőgép akkumulátorairól történik (így a kis méret miatt nincs jelentős áramfelvétel).

A kisegítő hajtómű munkakompresszora szolgál sűrített levegő forrásként

31. ábra. A Honeywell 131-9 típusú APU metszete (A szerző szerkesztése a [34] alapján)





32. ábra. Az APU és a kapcsolódó rendszerek sematikus vázlata (A szerző szerkesztése [35] alapján)

miközben az utasok érkezését várják, ezzel megtakarítva a tüzelőanyagot és a hajtómű-üzemidőt, továbbá a karbantartási költséget.

A kisegítő hajtóművek alap feladata a katonai repülőgépeken is hasonló (30. ábra).

A legtöbb esetben az APU-t felszállás előtt leállítják, és csak akkor indítják újra, amikor a repülőgép a leszállást követően már elhagyta a futópályát. Egyhajtóműves elrendezés esetén létezik arra is példa, hogy az automatikus rendszer csak a felszállás után kapcsolja ki a kisegítő hajtóművet. Ennek az az oka, hogy kiküszöböljék azt a tolóerőcsökkenést, amelyet az ECS ellátása okoz, hiszen általában az a hajtóműkompresszor megcsapolásával történik. Szükség esetén – vészhelyzeti elektromos áramforrásként – az APU a levegőben is újraindítható.

Az APU működését a 31. ábra, és annak egy lehetséges elvi vázlatát a 32. ábra szemlélteti. A két kompresszorhoz a levegő az „a”-val jelölt perforált dobon keresztül jut be.

A 31. ábrán látható, ahogyan a levegő egyrészt a „c” jelű oldalon végighalad a gázgenerátor-egységen (kompresszor, égőtér, turbina, gázvezető rendszer) és az égéstermék kijut a szabadba. A „b” jelű oldalon a levegő bejut a munkakompresszorba, és az eszköz által termelt sűrített levegő a „d” csatornában jelenik meg. A levegő onnan jut a fogyasztási helyekre, pl. – a hajtómű indításakor – az indító légturbina táplálására. Ez a levegő táplálja a repülőgép ECS-rendszerét a hajtómű álló helyzetében, illetve a hajtómű által meghajtott generátorok meghibásodása esetén, a szintén légturbinával meghajtott vészhelyzeti generátor. A hajtómű normál működése esetén az ECS-rendszer ellátása a hajtómű kompresszorától elvezetett levegővel történik, és egy hűtési periódus után az APU kikapcsolásra kerül, miközben a munkakompresszor által termelt levegő terhelésmentesen az „e” csatornán keresztül távozik a gázvezető rendszerbe.

Az APU az indítás után a névleges fordulatszámmal működik, amely közelítőleg 100%-os fordulatszámot jelent, függetlenül az elektromos és pneumatikus terheléstől. Ehhez a tüzelőanyag-szabályozó rendszer automatikusan beállítja a szükséges tüzelőanyag-mennyiséget. Például a repülőgép hajtóművének indításakor a szabályzó egység elegendő extra tüzelőanyagot adagol a terhelésnövekedés ellensúlyozására, az állandó fordulatszám fenntartására. Az állandó fordulatszám előnye, hogy a legtöbb repülőgépen állandó frekvenciájú generátorokat alkalmaznak, és az állandó, 100%-on működő APU-k esetén így nem igényelnek állandó fordulatszámú meghajtóegységet (Constant Speed Drive Unit CSD) az állandó frekvencia fenntartásához.

A maximális terhelés közben történő üzemben a turbina előtti gázhőmérséklet maximális értéken belüli tartását terhelésszabályozó pneumatikus szelep biztosítja. Ezért, ha az APU turbina előtti hőmérséklete eléri egy kritikus

szintet, a pneumatikus terhelés automatikusan csökken a túlmelegedés megelőzése érdekében. Az APU károsodásának elkerülése érdekében a legtöbb gyártó az APU leállítása előtt meghatározza a hűtési időt, amely terhelésmentes működést jelent, hogy a gázhőmérséklet (Exhaust Gas Temperature – EGT) stabilizálódjon. A tipikus hűtési periódus három perc, amely képes minimalizálni a hőszokk lehetséges előfordulását, amit egy erősen megterhelt, forró APU hirtelen leállása okozhatna.

Összegezve a napjainkban alkalmazott turboshaft APU-k jellemzőit, a kö-

vetkező adatokkal találkozhatunk:

- tengelyteljesítmény: 400–1000 kW;
- kompresszor-nyomásviszony: 3–5;
- levegőfogyasztás: 0,5–3,5 kg/s;
- turbina előtti gázhőmérséklet: 1100 K;
- fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás: 0,4–0,5 kg/kWh;
- hajtóműtömeg: 50–250 kg;
- termikus hatásfok: ~20–25%.

(Folytatjuk)

HIVATKOZT IRODALOM

- [29] Tuboshaft Engine TV3-117 <http://motorsich.com.ua/TV3-117VM> (Letöltve: 2022.11.26.);
- [30] Forrás: http://www.rolls-royce.com/Images/RTM322_tcm92-6703.pdf http://www.rolls-royce.com/Images/RTM322_tcm92-6703.pdf, (Letöltve: 2013.3.15.);
- [31] Források: <https://defense-militaire.over-blog.com/2021/03/combien-coute-la-revision/reparation-avec-essai-du-moteur-mtr-390-2c-equipant-l-helicoptere-tigre.html>, <https://www.mtu.de/engines/military-aircraft-engines/helicopters/mtr390/> (Letöltve: 2022.11.26.);
- [32] PW 980A APU <https://www.tumblr.com/a380flightdeck/97459671420/pratt-whitney-canada-pwc-pw-980a-apu-pratt>, (Letöltve: 2022.11.26.);
- [33] Forrás: <https://htka.hu/wp-content/uploads/2008/04/Gripen-Systems.jpg> (Letöltve: 2022.11.25.);
- [34] A Honeywell 131-9 APU metszete, <https://trends.aeroexpo.online/fr/project-72364.html> (Letöltve: 2022.11.25.);
- [35] Forrás: <https://www.flyingmag.com/how-an-auxiliary-power-unit-works/> (Letöltve: 2022.11.25.);
- [36] Forrás: Mr.Z-man, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lycoming_T55-GA-712.jpg (Letöltve: 2023.2.3.)

JEGYZETEK

- 11 Fordított áramú égőtér: az égőtérben az áramlás a hajtómű fő áramlási irányához képest fordított.
- 12 NEL: Nemzetközi Egyezményes Légkör (ICAO Egyezményes Légkör): az ICAO Manual of the ICAO Standard.
- 13 ECS: Environmental Control System (környezet-szabályozó rendszer) amely magába foglalhatja a légkondicionáló és a fűtélutnyomás rendszert, a processzorok hűtését, a túlnyomásos tüzelőanyag-tartályok táplálását, katonai repülőgépek esetén a radar hűtését, az oxigéngenerátor (OBOG – On-Board Oxygen Generator), és a G-ruha táplálását.

4. ábra. A Gepárd M1 mesterlövészpuska egy sorozatgyártású példánya



Földi Ferenc*

A Gepárd nagy űrméretű puska fejlesztésének története **II. rész**

35 év a honvédség szolgálatában

Az egykori Haditechnikai Intézet fejlesztő szakemberei 1988-ra készültek el a 12,7 mm-es Gepárd egylöve-tű mesterlövészpuska kísérleti mintapéldányával. A fegyver – Gepárd M1 néven –, több mint három évtizede szolgálja a Magyar Honvédséget. A tanulmány első része a fejlesztés előzményeit, a tervezés kapcsán felmerült elvi és gyakorlati problémákat, valamint azok megoldását részle-tette. A cikksorozat második részében a szerző a speciális számításokra alapozott fegyvertechnikai megoldásokat mutatja be az érdeklődő olvasóknak.

A „deszkamodell” elkészültét követően, a további méré-sekhez a táborfalvai Lőkísérleti és Vizsgáló Állomás rendel-kezésre álló eszközparkját felhasználva, meg kellett tervezni a komplett mérőrendszert. A lövedéksebesség mérésére akkor rendelkezésre álló többfajta műszaki megoldás közül a szolenoid tekerccsel végzett mérési módszer¹⁵ választottuk, mert más – például a kombinált, szakadó drótos/ lengőkapcsolós-tömeg – módszer szóba sem jöhetett. Egyrészt a gáz előreáramlása elszakíthatta volna a drótot a lövedék megérkezése előtt, másrészt a lövedék, a hatalmas mozgási energiája miatt súlyosan károsíthatta volna az érzékelőelemeket (minden lövéssel átlóttuk volna a becsapódásérzékelő lengő lemezét, eltörtük volna a lengő-kapcsolót stb.).

A szoleonidos módszer azonban olyan lövedéket köve-telt meg, amely mágnesezhető. A 12,7 mm-es töltény B32-es



5. ábra. Lövedék-felmágnesező „akna” az egykori Haditech-nikai Intézetben

lövedéke ebből a szempontból jól megfelelt, mert jelentős méretű és tömegű acélpenetrátort tartalmazott. A HTI rendelkezett a mérést megelőző felmágnesezéshez szükséges berendezéssel (5. ábra), mert az adott töltény gyári üzemi átvételét követő vizsgálatait is a feladatai közé tartoztak.

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





6. ábra. A Műszeripari Kutató Intézet időmérő műszerei a két indukciós kerethez

A szoleonid kapupártaágok külön-külön egy-egy MIKI¹⁶ Digital Intervalométer műszerrel dolgoztak együtt (6. ábra), az azokról leolvasható időadatokból (nyit/zár) megkaptuk azt az időkülönbséget, amely segítségével a lövedék kapuk közötti átlagsebessége kiszámíthatóvá vált. A lövedék tényleges torkolati kezdősebessége (v_0) az akkori hazai technikai szinten, közvetlenül még nem volt mérhető, mivel minden „kétkapus” mérési módszer egy megkötött (de tetszőlegesen beállítható) ΔL lövedékút megtételéhez szükséges időt mérte, a ΔL távolság két végpontja között mért idők különbsége alapján. A valóságos csőtorkolati sebesség méréséhez a kezdő mérőkaput a csőtorkolat mögé, a cső teste köré kellett volna elhelyezni, amely leárnyékolta volna a lövedék mágneses terét. Nem lehetett azonban közvetlenül a csőtorkolat síkjába sem helyezni, mert a kiáramló lőporgázok károsították volna a keretet. A mérések során numerikus úton kívántuk meghatározni a feltételezhető v_0 sebesség értékét, amire a rendelkezésünkre álló úgynevezett „GAU-tábla” [6] használatával nyílt lehetőségünk, az HCB (Никитин-Соколов-Волков – NSzVT) „Утёс”, a 12,7 mm-es nehézgéppuska orosz nyelvű szabályzatának adatai [7; Приложение 4. 8. oszlop, 204.] alkalmazásával. Akkori megfontolások alapján a $v_{(14m)}$ sebesség mérését¹⁷ tartottuk célszerűnek (7.a ábra). Ebben a távolságban a GAU-tábla szerint a sebességcsökkenés mértéke legfeljebb 4 m/s-ra adódott. Ezt később a NATO-ban is alkalmazott módszer szerint, (ahol a v_0 értéket lineáris extrapolációval határozzák meg a 30 és 40 m távolságban mért sebességekből [$v_0 = 3 \times (v_{30} - v_{40}) + v_{30}$])

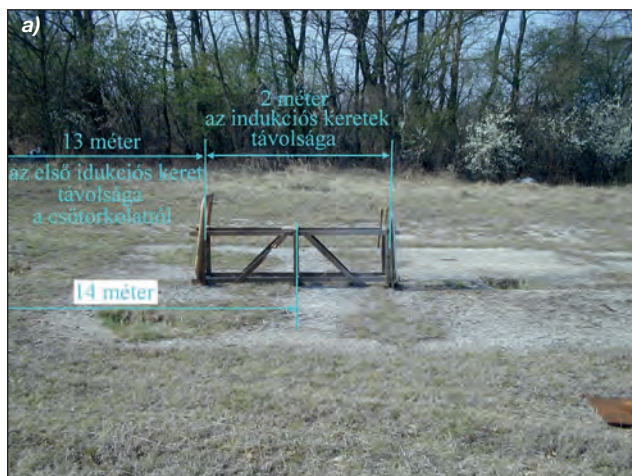
ellenőriztük, az eltérés 1 m/s értéken belül volt. (A részletes számítások adatai már nem hozzáférhetőek.)

A Gepárd I. fegyverrel és a szovjet eredetű, etalon jelzésű B32-es töltényekkel szóráskép-vizsgálatot hajtottunk végre a táborfalvai „sebességpálya” lőfolyosóján, 100 m lőtávolságon annak érdekében, hogy ellenőrizzük, elérhető-e az SzVD puska szabályzat szerinti precíziója, vagy sem. Az egy csőmelegítő lövést követő 3×10 – minden lövés előtt újra célzott – lövés összesített eredményei szerint a lövedékek $v_{(14m)}$ átlagsebessége 836 m/s-ra adódott, a 30 lövés összesített átlagos $B_m = 2,1$ a $B_{sz} = 2,87$ cm-re, az $R_{50\%[100m]} = 2,1$ cm-re. Ezek az eredmények várakozáson felül jobbnak bizonyultak a gyártási dokumentációjában [8] szereplő azonos jellemzőknél. Ugyanakkor az etalon minőségű szovjet töltények hazai relatíve alacsony mennyisége és a beszerzés bizonytalansága nem alapozta meg egy fegyverfejlesztési metódus eredményes végrehajthatóságát. Emiatt ezt a vizsgálsorozatot a honvédség rendelkezésére álló összes 12,7 mm-es űrméretű töltényváltozatokkal meg kellett ismételnünk. A mérés eredményeit az 1. táblázat tartalmazza.

Az adatok azt mutatták, hogy – a táblázatban a vastagon szedett – hazai (hajdúhadházi gyártású), 1971 után előállított sorozatú töltények nemcsak a legjobb minőségűek, hanem a legkönnyebben hozzáférhetőek a leendő puska alkalmazásához, valamint precíziós képességük versenyképes az SzVD puska töltényével. Ebből következett, hogy a tervezés alatt álló Gepárd puskát a hazai, 1971–1981 között gyártott B32 lövedékű töltényre kell alapozni.

A fegyvercső kiválasztásánál figyelembe kellett venni, hogy a mérőcsövek beszerzése és főként egy esetleges utángyártás is rendkívül megehezítette volna az ellátást a gyártáshoz, emiatt vizsgálatot kellett folytatni, az MN-ben rendelkezésére álló 12,7 mm-es űrméretű fegyvercsövek küllballisztikai jellemzőinek összehasonlítása érdekében, hogy az alkalmazásban álló készletből lehessen választani. 1988-ban 12,7 mm-es fegyverként a T-72-es harckocsi NSzVT légvédelmi nehézgéppuskája és a T-54/55AM harckocsik toronyfegyvere, a folyami flottilla AN típusú aknász-naszádjainak, valamint egyes alegységek állványos DSK légvédelmi nehézgéppuskája jöhetnek szóba. Mindhárom fegyver esetében a hazai új töltényeket (B32) használtuk fel az összehasonlító vizsgálathoz, amelyre a táborfalvai sebességpályáján került sor. A Gepárd I. fegyvert a 45-ös lövegtelepén, az NSzVT-csövet a csőszerevényeitől megfosztva, gázatómló furatát illesztett acélcsappal és acél-

7. ábra. A sebességmérő indukciós keretek elhelyezése a mérővonalon a), a szoleonid mérőkapu nézeti képe a 100 m-es mérővonalon b)



1. táblázat. A 12,7 mm-es tölténytípusok pontosságképességének összehasonlítása (A szerző szerkesztése)

Tölténytípus	$v_{[14m]}$ [m/s]	B_{sz} [cm]	B_m [cm]	$R_{50\%}$ [cm]
RD (РД)159 mérőcsőből kialakított Gepárd I.				
B32 lövedékű szovjet etalon	836	2,87	2,1	2,1
B32 lövedékű magyar	852	1,03	2,06	1,4
JakB ¹⁸	798	3,69	2,56	3,8
B32 lövedékű szovjet	843	3,07	4,15	3,9
SzVD puska				
39M LPSz	< 830	5	5	n. a.

gyűrűvel lezárva, a nehézgéppuskába visszaszerelve, szintén a 45-ös lövegtalpon rögzítve és PSzO–1 távcsővel irányozva, a DSK nehézgéppuskát saját lafettáján vizsgáltuk. A DSK a vizsgálat legelején kijavíthatatlanul meghibásodott, ezért kizártuk a további vizsgálatokból.

A vizsgálat meglepő módon azt mutatta, hogy ebben a kísérleti sorozatban az NSzVT-cső pontosabb szórásképet produkált, mint a Gepárd I. RD etaloncső azonos minőségű etalontöltényeket tüzelve: NSzVT $R_{50} = 2$ cm, Gepárd I. $R_{50} = 2,4$ cm, és kevésbé meglepő módon, hogy az SzVD-hez képest is sokkal jobb pontosságképességgel rendelkezett a már említett $B_m = B_{sz} = 5$ cm értéknél. Az NSzVT-cső $v_{[14m]} = 850$ m/s, míg a Gepárd I. „deszkamodell” 852 m/s sebességet ért el a hazai új tölténnyel.

A megítéléshez továbbá azt is figyelembe kellett venni, hogy a Gepárd I. „deszkamodell” RD ballisztikai sebességmérő csövet üregelő eljárással huzagolták, csőfurata nem kapott védőbevonatot. Az NSzVT-géppuskacső azonban – már koránál fogva is – sokkal modernebb műszaki színvonalat képviselt, mert hidegkovácsolási eljárással készült és a csőfurat krómozott felületű volt, amely mind a belballisztikai folyamatot, mind a cső élettartamát kedvezően befolyásolta. Az NSzVT-cső további előnyei közé tartozott a kiemelkedő csőhossza (1100 mm), a más fegyverbe történő, szabadon lengő beépíthetőségét biztosító csőfarmegmunkálása (illesztett átmérő, köszörült palást), a méretéhez képest igen kis tömege (< 7 kg), a megfelelő külső kialakítása (semmilyen utánmunkálást sem igényelt, sőt még csőszájfék is felszerelhető volt a balmenetes csőtorkolatra).

A vizsgálat sorozat lezártakor megállapítottuk, hogy az NSzVT-fegyvercső és a hazai új B32 lövedékkel szerelt töltény együttes alkalmazásával biztosítható az SzVD pontosságképességét meghaladó precíziójú mesterlövész fegyver megalkotása – megfelelő fegyverkialakítás mellett.

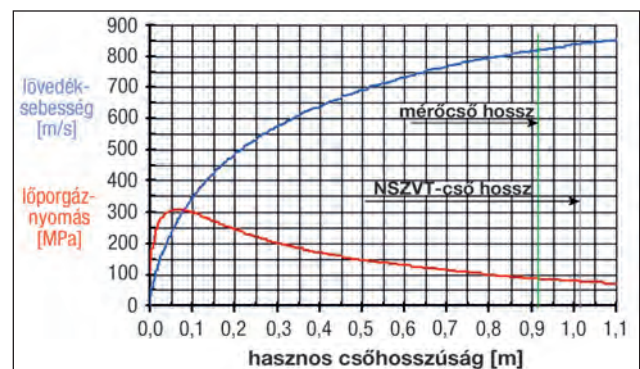
MÁSODIK FÁZIS: A KÍSÉRLETI MINTAPÉLDÁNY ELKÉSZÍTÉSE

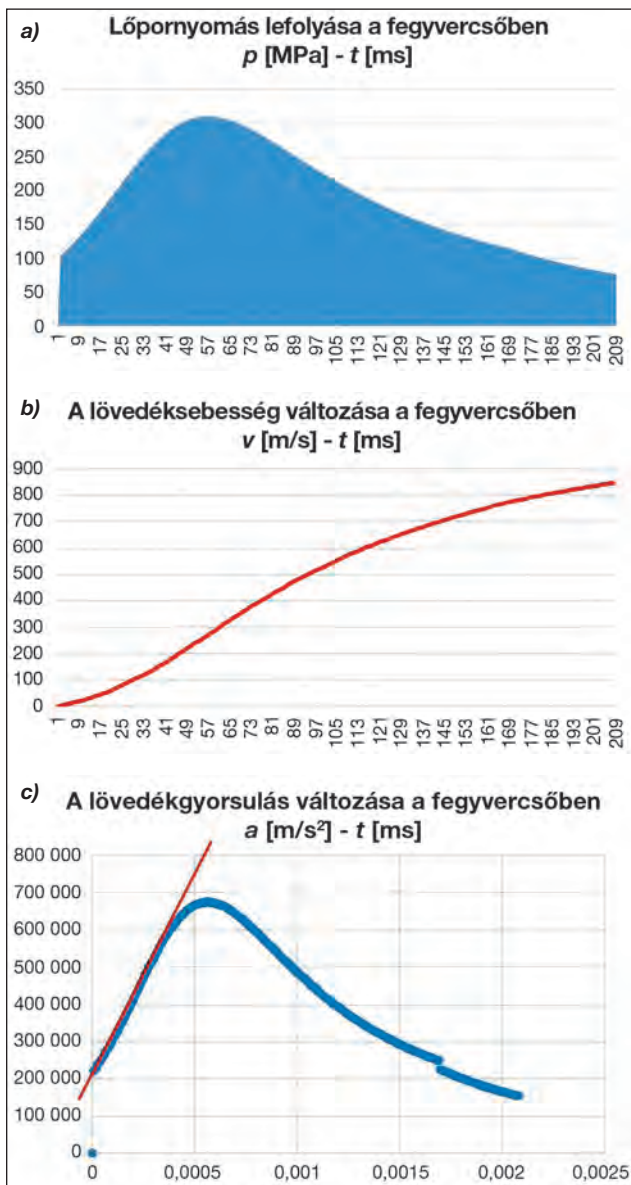
A fejlesztési folyamat e fázisának elején az első problémát a mesterlövész katonát a lövésfolyamat közben érő terhelések meghatározása, és azok elviselhető mértékre történő csökkentése jelentette. Egyszerűen megkerülhetetlen volt az az ellentmondás, amely a mesterlövész katona feladatvégzésének sajátos követelményei (a célzás gondos kidolgozásának, a pontos célzás eredményeit a legmélyrehatóbban kiaknázni képes lövés kiváltás feltételeinek biztosítása) és a nagy űrméretű fegyverek lövés közbeni, várhatóan hatalmas hátrahatása között feszült. Minden különösebb bizonyítás nélkül is tényként fogadható el a szerző

azon véleménye, hogy: „a hatékony célküzdeés érdekében a mesterlövész semmilyen körülmények között nem félhet fegyverének a lövés közbeni visszahatásától, főleg nem az ebből esetlegesen származó sérülésektől, mert ez a zavaró körülmény elég jelentős ahhoz, hogy biztosan megakadályozza a megfelelő pontosságú lövés leadásában” [9, 14. o]. Emiatt ellentét állt fenn e nagy űrméretű fegyverek használatából származó kétségtelen előnyök (például: a 7,62 mm-es puska űrméretéhez képest legalább kétszeres hatásos lőtávolság és sokszoros lövedékbecsapódási energiák¹⁹), és a biztonságos használhatóság jogos követelménye között. Ez utóbbiak egyike, hogy a puska használata ne igényeljen az átlagosnál lényegesen erősebb testfelépítésű lövészt. Ez a felvetés azon a meglátáson alapult, hogy ezek a nagy űrméretű pusokák – még akkor is, ha a tömegük többszöröse egy hagyományos 7,62 mm-esnek – túrés-határ-közelit terhelést okozhatnak lövés közben a mesterlövésznek. A létező probléma jogosságát bizonyítja egy elméleti 10 kg tömegű puska, amely $12,7 \times 107$ mm-es töltény, max. 49 g-os lövedékét, 16 g löportömmel és $V_{[0m, korrigált]} = 849$ m/s sebességgel tüzel [8; a türesek felső értékén], a hátralökés végértéke a csőtorkolatnál 48,5 Ns lesz. Ez az abszolút értéke a fegyver mozgásmennyiségének a lövésfolyamat végén. Ez nem más, mint a reakció-erő-idő függvény alatti terület, azaz az erő – idő – $F(t)$ – függvény integrálja.

A Piroska György által készített számítógépprogram [9; M51 5.-9.] a 2,1 ms hosszú belballisztikai folyamatot grafikusán ábrázolja (8. ábra). Az érdeklő olvasó figyelmét a vörös színű nyomásgörbére hívom fel. (A grafikonban a

8. ábra. A belballisztikai folyamat egyszerűsített számítógépes $f(x)$ (csőhossz) diagramjai: a piros görbe a $p - l$ (lőpornyomás – csőhossz) diagram, a kék a $v - l$ (lövedéksebesség – csőhossz) diagram

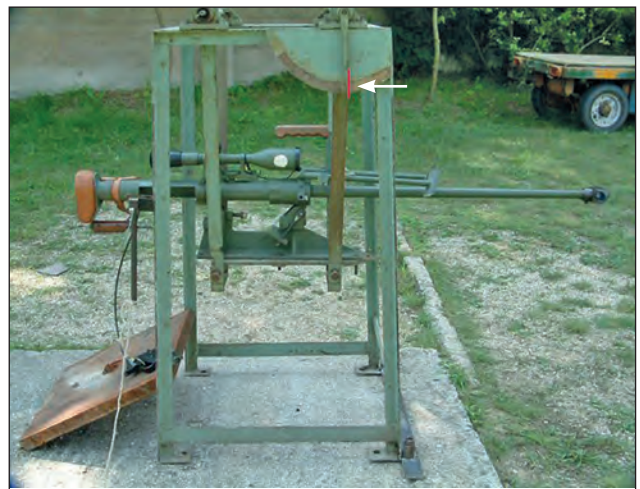




9. ábra. A nyomás-, a sebesség- és a gyorsulási diagramok a belballisztikai idő függvényében. A gyorsulásváltozás meredekségének maximum értéke (a piros érintő a legnagyobb gyorsulásváltozás jelölése, azaz az erőlkés $= d^2v/dt^2 \rightarrow t = 0,14 - 0,33$ ms között)

vízszintes tengely nem az időt, hanem a csőhosszúságot ábrázolja).

Az adatokból átszámolt, egyszerűsített $p - t$ diagram – jellegében felfogható $F(t)$ diagramként is – a 9.a ábrán látható, ahol a görbe alatti kék terület a lőporgázok munkáját szemlélteti, ami az $F(t)$ diagram integrált értéke. Ebből a hátraható erő $F = 48,5 \text{ Ns}/2,1 \text{ ms} \sim 23 \text{ 100 N}$, amit mindenképpen csökkenteni kellett, még akkor is, ha ennek a hatásnak igen kicsi az időtartama. Erre két megoldás képzelhető el: egyrészt csőszájfék alkalmazásával némileg csökkenteni a $48,5 \text{ Ns}$ értéket, legfeljebb $15 \text{ 000} - 18 \text{ 000 N}\cdot\text{ra}$, de ez nem jelenthet önmagában még mindig lényeges javulást. A szakirodalom [11] az M82-es modellnél 30%-os visszahatócsillapító képességű csőszájfék alkalmazását említi, emellett azonban a Barrett M82-es modell csőhátrasiklásos öntöltő rendszere a csőszájfék mellett további csillapítást is biztosít, elsősorban a párnázott váll-lapot is

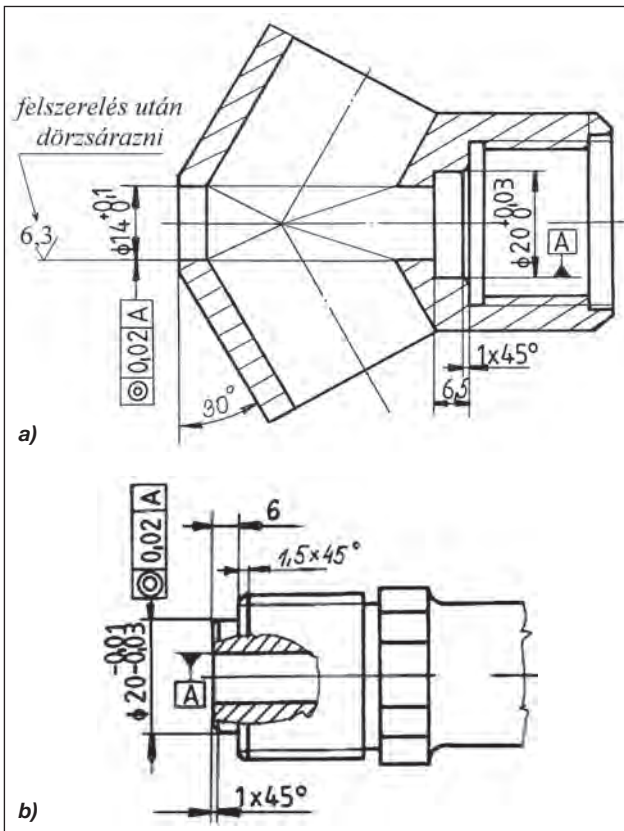


10. ábra. A ballisztikai mérőinga egy sorozatgyártott Gepárd M1 puskával. (A piros vonal, a szögkitérést mérő kart jelöli, az elsütés Bowden-huzalos kialakítású annak érdekében, hogy ne mozdítsa meg az ingatányér)

figyelembe véve. Mindemellett a kísérleti tapasztalatok igazolták, hogy ezen fegyverek kezeléséhez az átlagosnál jelentősen erősebb testi felépítésű lövészek alkalmasak. Másrészt a gázok által a lövedékre és a lövészeire ható munkamennyiség azonosságát alapul véve, a lövőre gyakorolt hatás idejét különféle manipulációkkal kell megnövelni. Továbbá a lövést érő hatás az $F(t)$ függvény derivált függvényének jellegétől és nagyságától, azaz a gyorsulásváltozási sebességtől, a sokktól is függ (9.c ábra). Ez a beavatkozás nem más, mint a lövésreakció időbeli elnyújtottsága. A görbe alatti terület állandó szinten tartását, a görbe meredekségének csökkentése mellett, az $F - t$ diagram tanúsága szerint az idő növelésével lehet elérni (hogy a görbe kellően ellaposodjon). A folyamatidő megnövelésével a gyorsulásváltozás mértékét csökkenteni lehet. Mindkét műszaki megoldás segítségével manipulálhatjuk a fegyver reakcióerő-függvényét, együttesen akár a szükséges mértékig is. A kérdés a műszaki megoldások mikéntje volt.

A hátraható mértékét – első lépésben – megfelelő kialakítású csőszájfék alkalmazásával volt célszerű elemezni. Ilyen célra a táborfalvai vizsgáló osztály szakemberei ballisztikai mérőingát (10. ábra) alkalmaztak, amelynek mérőtálcájára a Gepárd I. könnyen felszerelhető volt. Az NSzVT-t azonban az ingán nem lehetett rögzíteni. A kísérleteket csak a Gepárd I. deszkamoddellel kezdtük meg, mert a két eszköz torkolati sebessége között legfeljebb 1% különbség mutatkozott. A csőszájfék hatásfokának elemzésénél ez nem okozott jelentős hibát. Egerszegi János a 30°-os kiömlésű, akciós-reakciós rendszerű csőszájfékét már a „deszkamodellhez” megtervezte (11.a ábra), és olyan csatlakozó menettel látta el, amely biztosította az NSzVT csőre történő felszerelhetőségét is.

Azonban NSzVT csővég palástjára gyárilag rámetsett M32x2 mm-es bal menet sem mérethelyességében, sem felületi minőségében nem volt alkalmas egy arra felcsavart csőszájfék megfelelő pozicionálására. Ezért a megfelelő alkatrész érdekében mind a vizsgált fegyvercsőtorkolat külső palástjára és a csővégre, mind a csőszájfék belső furatához illesztett, egytengelyű csatlakozó elemeket kellett kimunkálni (11.b ábra). A csőszájfék kilépő furatát pedig a lehető legkisebb, de a lövedék kilépését nem zavaró, a csőfurattal egytengelyű méretre kellett kialakítani, speciális felépítésű célszerszámmal. További csőszájfék-változatok is születtek, például a Pirooska György által ter-



11. ábra. Az első, Egerszegi-féle 30°-os akciós/reakciós csőszájfék metszetrajza a), a csőtorkolat csőszájfék-pozícionáló hengerének metszetrajza b)

vezett akciós T-alakú, továbbá az Egerszegi János által tervezett kétkamrás, valamint egy másik, gömbszimmetrikus égőkamrás is. Elvi leírása és az eredmények részletes elemzésének végeredménye, a 10-10 lövéses vizsgálatok átlagértékének eredményei alapján készített 2. táblázatban láthatók.

A 2. táblázat legelső sorában feltüntetett, Egerszegi-féle 30°-os akciós-reakciós csőszájfék mutatta magasan legjobb eredményt, ezért választottuk ezt a leendő fegyver csőszájfékének. A csőszájfék elvéből azonban az következik, hogy az csak akkor kezd kifejteni a hatását, amikor a lövedék áthalad rajta. Az impulzummegmaradás törvényéből következően azonban a fegyver már abban a pillanatban megkezd a hát-

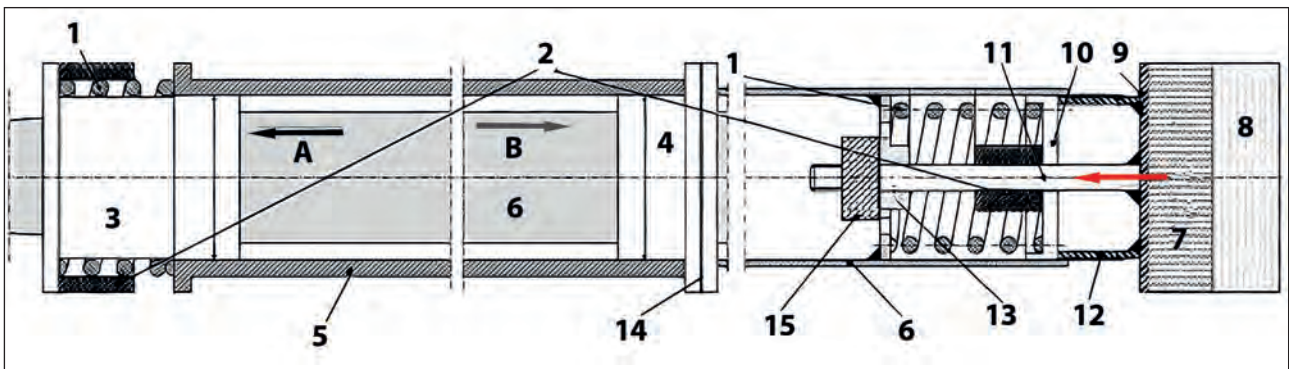
2. táblázat. A csőszájfék típusok hatásfokmérésének eredményei (A szerző szerkesztése [9; 6. melléklet 6] alapján)

Csőszájfék típusa	Átlagos kilengési szög (°)	Átlagos hatásfok (%)
Az 1988. évi méréssorozat alapján		
Csőszájfék nélkül	18,6	0,0
Akciós rendszerű „lapátos”	13,4	47,9
Kétkamrás reakciós	14,8	36,5
Gömbszimmetrikus égőkamrás	15,7	28,6
30°-os akciós-reakciós	12,8	52,4

ramozgását, amikor a lövedék az előremozgást a csőfuratban – természetesen kezdetben igen csekély sebességgel (9.b ábra) –, ebből épül végül fel a lövés hátrahatása a belballisztikai folyamat ideje alatt. A mozgássorból az következik, hogy a hátrahatás a fegyveren keresztül folyamatosan nő a lövészre. Ez az erő és a puska ergonomiai kialakítása (különösen a csőfurat tengelyének és a váltámsz megtámasztási pontjának geometriai távolsága, mint erőkar), a csőfurattengely – a váltámsz megtámasztási pontja körüli elfordítását – generáló nyomatékot hoz létre. Ez a nyomaték felugrásra kényszeríti a csőfurattengelyt a célzáskor meghatározott térbeli helyzetéből. A legrosszabb az a helyzet, amikor a fegyvercső mereven van összekötve a fegyver-tokozaton keresztül a váltámsz váll-lapjával, mert abban az esetben a felugrás szinte már a belballisztikai fázis kezdetén megkezdődik, és a lövést – ebben az űr méretben legalábbis – pöröly-ütés-jellegű csapás éri (9.c ábra). Ezt olyan módon lehet a leghatásosabban kivédeni, ha a fegyvercső a bel-, és átmeneti ballisztikai folyamat alatt saját furattengelyében, kis ellenállással képes hátrasiklani, továbbá, ha a hátrasiklás végén nincs a mozgó alkatrészeknek fém a fémre való rugalmas felütközése, hanem valamilyen csillapító betéttel ez az energia belső, anyagon belüli hőenergiává transzformálható. Mindezeket célszerű kiegészíteni egy hasonló elnyelő-képességű anyagszerkezetből készített vállpárával is. Annak érdekében, hogy a fegyvercső a lövésfolyamat után igen rövid idő alatt visszakerüljön a kiindulási helyébe, a lehető legkisebb, de még alkalmas rugótenyezőjű rugórendszer alkalmazása ajánlatos. (12. ábra).

12. ábra. Az amortizációs rendszer elvi vázlata.

Jelmagyarázat: 1. helyretelő rugók, 2. poliuretán ütközők, 3. melső csúszka, 4. hátsó csúszka és tusaütköző, 5. ágyazat, 6. fegyvercső, 7. gumilapok, 8. polifoam párnalapok, 9. váll-lemez, 10. váll-lap-csúszka, 11. vezetőrúd, 12. váll-lapcső, 13. belső határoló, ütköző, 14. illesztőtárcsa-ütközők, 15. záróanya. „A” löirány, „B” hátrasiklás iránya, a hátsó vörös nyíl a váll-lap besiklása a váltámsz csőbe



(A tanulmányban közölt ábrákat és rajzokat a szerző készítette a fejlesztés során, azok kivétel nélkül a szerző saját archívumából származnak.)

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [6] Таблицы внешней баллистики для артиллерии; Москва – 1955. „секретно”;
- [7] Руководство по 12,7-мм пулемету „Утес” (НСВ – 12.7). Органа Трудового Знамени Военное Издательство Министерства Обороны СССР; Москва – 1978. „секретно” – [„titkos” minősítéssel];
- [8] B-32 páncéltörő-gyújtó lövedékekkel és sárgaréz hüvellyel szerelt 12,7 mm-es töltény rajzdokumentációja; rajzszám: 3-24465; HTI LP 1010; MN HTI 1979.;
- [9] Földi Ferenc mérnök ezredes: a 12,7 mm-es GEPÁRD M1 mesterlövész puska *műszaki alkotás* leírását tartalmazó PhD munka; Üllő, 2007; NKE Ludovika Campus Tudományos Könyvtár <http://hdl.handle.net/20.500.12944/12093>;
- [10] Löfe/109. 7.62 mm-es Dragunov távcsöves puska anyagismereti és lőutasítása; Honvédelmi Minisztérium kiadása 1978.;
- [11] Jane’s Infantry Weapons 1985-1986 Edited by Ian V Hogg Jane’s Yearbooks London 1985.

JEGYZETEK

- 15 Az előre felmágnesezett lövedék az első tekercsen áthaladva megindítja a ballisztikai időmérő időjelét, míg a második áthaladva lezárja a folyamatot.
- 16 Műszeripari Kutató Intézet.
- 17 A fejlesztés teljes, kézírásos és gépelt dokumentációja a HTI szervezeti átalakítása során elkallódott. A szerző vizsgálódásai alapján azokat az irattárazáshoz becsomagolták, de soha nem jutottak el a Fekete sas utcai Központi Irattárba.
- 18 A Jakusev-Borzov JakB (9A-624) 12,7 mm-es, négycsövű, gázdinamikai elven működő, forgócsövű géppuskát a Mil Mi-24-es harci helikopter USZPU-24-es forgatható tornyába beépítve alkalmazzák. Tűzgyorsasága 4000-4500 lövés/perc, hatásos lőtávolsága 1500-1800 m. A lőszer 12,7 x 108 mm kaliberű. A töltény csökkentett lőportöltetével kívánták elérni a helikopter szerkezetét érő drasztikus ütések mérséklését, mivel a helikopter repülési sebessége úgyis némiképp növelte a lövedék kezdősebességét. (Szerk.)
- 19 Az NSzVT B32 lövedék 1300 m-en még 3,68 kJ mozgási energiával repül [7; Приложение 4. 9. oszlop, 205], az SzVD 43M LPSz lövedék 0,32 kJ-lal [10; 3. melléklet, 8. oszlop 112], amely több, mint 10-szeres különbséget jelent.

Gilles Clément

Az űrorvostan alapjai

Lapunk Űrtechnika rovata időről időre visszatér az űrutazással kapcsolatos műszaki fejlesztések témakörére. E lapokon kevésbé esik szó a humán faktorról, az űrhajósokról, akik tágabb környezetünk, a Naprendszer felfedezésének ugyancsak meghatározó tényezői. Az űrorvostan elsődleges célja az űrküldetések során felmerülő egészségügyi gondok kezelése és megoldása. E problémák közé tartoznak a környezethez (súlytalanság, sugárzás, hőmérséklet és nyomás) igazodó adaptív változások is. A kötet szerzője, Gilles Clément idegélettan-kutatóként, a strasbourgi Nemzetközi Űregyetem (International Space University – ISU) Űrélettudományi Tanszékének vezetőjeként, 1982 óta vesz részt aktív űrkutatásban. A kötet egyes fejezetei – Bevezetés az űrélettudományokba; Űrbiológia; A neuroszenzoros rendszer az űrben; A kardiovaszkuláris rendszer az űrben; A mozgásszervrendszer az űrben; Az űrrepülés pszichológiai kérdései; Műveleti orvostan; Létfenntartó rendszerek; valamint Vizsgálati útmutató – részletes áttekintést nyújtanak az elmúlt évtizedek és napjaink vizsgálati módszereiről, tapasztalatairól. A szerző összefoglalja a szakirodalomban fellelhető legfontosabb eredményeket, megfigyeléseket és trendeket. Részletesen – a sejtszinttől a viselkedési és kognitív szintekig – bemutatja a főbb testi funkciók megváltozását az űrrepülés időtartama alatt. A változások jobb megértése érdekében minden fejezet a humánéletteni funkciók földi működési alapelveinek rövid áttekintésével kezdődik.

Az immár tíz éve működő Nemzetközi Űrállomás 13 világszínvonalon berendezett, speciális kutatásokra szakosodott laboratóriuma, valamint az ott dolgozó állandó hat fős legénység a legkorszerűbb élettudományi, anyagtudományi, Föld-megfigyelési és űrtudományi elemzéseket teszik lehetővé. Az űrhajósok az elmúlt évtizedben számos kísérletet végeztek orbitális pályán az űrbiológia, az űrélettan és az űrorvostan terén. Az eljárások és a műszerek egyre pontosabbá és kifinomultabbá váltak-válnak, s ezzel új ismeretek megszerzését teszik lehetővé – többek között – az adaptív mechanizmusokról, amelyekkel az emberi test az űrrepülés körülményeire alkalmazkodik. E hatások földi szimulációi, valamint az egyéb vizsgálatok szintén hasznos modelleket és új kutatási kérdésvetéseket eredményeztek.

A Zrínyi Kiadó frissen megjelent kötete beszámol az említett kísérletek főbb eredményeiről, valamint a legújabb bioműholdas küldetések és a Földön, analóg környezetben végzett kutatások eredményeiről. Mindezek elsődleges fontosságúak a 2030-as évtized elejére tervezett Mars-utazás előkészületeihez, amelyet – az oda-vissza úttal együtt – több mint két év időtartamra terveznek.

A grafikai ábrákkal és fekete-fehér fotókkal illusztrált kiadványt név- és tárgymutató egészíti ki. A napjaink egyik legizgalmasabb témájáról szóló szakkönyvet a kutatók mellett az űrélettudományok művelőinek, és az űrkutatás iránt érdeklődő olvasóknak egyaránt ajánljuk.

A 2023-ban megjelent, 396 oldal terjedelmű, puhafedelű kötet 5250 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, valamint közvetlenül a Zrínyi Kiadótól 25%-os helyszíni kedvezménnyel 3935 Ft-ért. Cím: 1024 Budapest, Fillér utca 14., tel.: 06 30 388 4034, e-mail: ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu, továbbá megrendelhető a shop.hmzrinyi.hu weboldalon is. (R.A.)



Dr. Guth-Orji Ágnes*

A Covid19-fertőzés repülésbiztonsági aspektusai **II. rész**

A bioszenzorok alkalmazásának lehetőségei a fáradtságmérésben

A Covid19-pandémia jelentős hatással volt életünk minden területére, a légi közlekedésre is, bár a Covid19 repülésbiztonsági aspektusait eddig kevesen vizsgálták. A tanulmányorozat felhívja a figyelmet arra, hogy a Covid19 leggyakoribb szövődményei közül számos tünet jelentősen befolyásolja az emberi munkavégző képességet, fokozhatja a humán faktor miatt bekövetkező hiba esélyét, így repülésbiztonsági kockázatot jelenthet. A szerző, a sorozat első részében a humán faktor szerepét vizsgálta a repülésbiztonságban, illetve a Covid19-fertőzés és a poszt-Covid-szindróma kapcsolatát a humán faktor miatt bekövetkező hibával. A második rész a bioszenzorok fáradtságméréssel kapcsolatos szerepét, valamint az EEG-bioszenzorok felhasználásának lehetőségeit mutatja be a repülésbiztonságban.

A FÁRADTSÁG REPÜLSÉBIZTONSÁGI JELENTŐSÉGE

A tanulmány első részében tárgyalt fáradtság az egyik legismertebb repülésbiztonsági rizikót jelentő humánfaktor-hibaforrás, mivel ez a tényező élettani hatásában az alkoholos befolyásoltsághoz hasonló munkaképesség- és teljesítménycsökkenést okoz. [26] Jelentőségét igazolja, hogy az ENSZ Nemzetközi Polgári Repülési Szervezete (International Civil Aviation Organisation – ICAO) előírja a repülésben résztvevő szervezetek számára a repülésbiztonsági menedzsment rendszer (Aviation Safety Management System – ASMS) működtetését [27], amely rendszer részeként önálló szabályzó

6. ábra. A NASA Ames Kutatóközpont (Szilícium-völgy, Kalifornia) szakemberei a fáradtságnak a hajózószemélyzetre gyakorolt hatásait vizsgálják egy Boeing 747-400 szimulátorban [38]



dokumentum jelent meg a fáradtságmenedzsment (Fatigue Management) biztosítása érdekében [28], hogy csökkentsék a fáradtság okozta humán faktor hibarizikóját. A fáradtságmenedzsment tehát az ASMS szerves része.

A fáradtság repülésbiztonsági rizikóját jól demonstrálta a NASA 1994-ben végrehajtott kísérlete [29], amely során – többek között – az agyhullámok érzékelésére alkalmas EEG-eszköz segítségével, transzkontinentális hosszú távú repülőúton vizsgálták a teherszállító repülőgépek pilótáinak éberségét. Az emberi agy az éber állapottól jól elkülöníthető agyhullám-tevékenységet mutat alvaskor. Minél aktívabb az agytevékenység, annál gyorsabb, nagyobb frekvenciájú agyhullám-tevékenység mutatható ki. A figyelem csökkenésekor, fáradtsáskor az agyhullámok lelassulnak, általában lassú szemhéjzáródás jelentkezik.

Mikro-megalvásnak (micro sleep) nevezzük a rövid idejű Rechtschaffen és Kales által 1. alvásfázisként leírt epizód, és/vagy egy rövid idejű szinkron alfa (8–12 Hz) / théta (4,5–7 Hz) aktivitás megjelenését [33]. Ez az agyi tevékenység lassulásával – az EEG-n alfa és théta hullámok megjelenésével – járó rövid, 5–15 másodperces epizód, általában – de nem mindig – elnehezülő, lassan lecsukódó szemhéjakkal, nem tudatos folyamat. Az alanyok a legtöbb esetben nem is érzékelik a figyelmükben, munkavégző képességükben megjelenő csökkenést. A repülésbiztonsági veszélyét pontosan ez a tény adja, hogy az egyén nem veszi észre a munkavégző képességének hanyatlását.

Nem alakul ki a klasszikus alvás, nem jelennek meg a mély alvásra jellemző delta agyhullámok, azonban kimutatható az alvás előtti állapotra jellemző alfa, és a felületes alvásra jellemző théta hullámtevékenység. A mindennapokban, olvasás, tanulás vagy munka közben is előfordulnak ilyen mikro-megalvások, amelyeknek komolyabb következményei nincsenek, de ha például autózás közben a fáradtság és a monotonia kapcsán védekezik így az agyunk a túlterhelés ellen, az már komoly balesetveszélyhez vezethet. A repülésben, ahol egy apró figyelmetlenség is okozhat katasztrofális károkat, az ilyen tudattalan mikro-megalvások különösen nagy repülésbiztonsági rizikót jelentenek. A fent említett NASA Nap study-ban (szunyókálás-tanulmány) az volt a cél, hogy bebizonyítsák: a hosszú távú repülőúton során repülésbiztonsági szempontból biztonságosabb megengedni a pilótáknak a rövid idejű szunyókálásokat, elkerülve ezzel a kifáradást és az ebből következő humánfaktor-hibaforrásokat. A pilótákat 2 csoportra osztották, az egyik csoportnak engedélyezett volt a szunyókálás, míg a másik csoportnak nem volt szabad pihennie repülés közben. Az EEG-vizsgálattal, az alfa hullámok kimutatásával figyelték a mikro-megalvások számát a repülés utolsó 90 percében, és a repülés legkritikusabb

* Orvos alezredes, NKE, HHK, Katonai Műszaki Doktori Iskola; Repülőorvosi Alkalmasságvizsgáló és Gyógyító Intézet (RAVGYI), Katonai Alkalmasságvizsgáló Osztály, osztályvezető főorvos ORCID: 0000-0003-0138-9807



fázisában, leszállás közben. Azok a pilóták akik nem szunyókálhattak, tehát fáradtabbak voltak, sokkal több mikro-megalvást produkáltak (összesen átlagosan 120 mikro-megalvási epizód történt az utolsó 90 percben, ebből 22 alkalommal a *leszállási manőver közben is* előfordult mikro-megalvás), mint azok a pilóták, akik pihenhettek – stratégiai 40 perces szunyókálások repülés közben – (ebben a csoportban átlagosan 34 mikro-megalvás fordult elő az utolsó 90 percben, és egyetlen egy alkalommal sem fordult elő mikro-megalvás a leszállási fázisban).

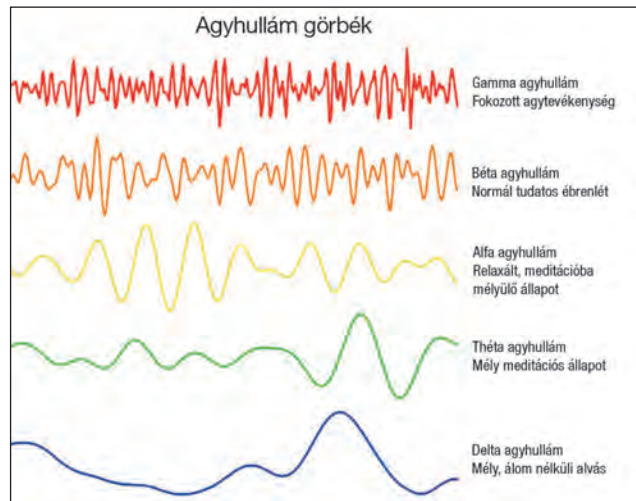
Mint láttuk, a Covid19-fertőzés és a poszt-Covid-szindróma a felgyógyulást és a munkába való visszaállást követően is az esetek mintegy 60%-ában 3 hónappal később, és az esetek 34%-ában még 6 hónappal később is krónikus fáradtságot; valamint kb. 30,8%-ban [30] 3 hónap után, és 21,1%-ban [22] még 6 hónap után is alvászavarokat okozhat, amely a krónikus fáradtságot még tovább ronthatja, így komoly kihívást jelent a repülésbiztonságban kiemelten fontos fáradtságmenedzsment rendszer számára.

A fáradtság régóta ismert és félt humánfaktor-hibaforrás a repülésbiztonságban, amelynek az előfordulását a Covid19 fertőzés jelentősen megnövelheti, azonban ennek mérésére a fáradtságmenedzsment dokumentációjában is többnyire csak önbevallás alapján, szubjektív megítélés szerinti fáradtságskálák és kérdőívek szerepelnek. Ennek a szubjektív megítélésen alapuló rendszernek több buktatója is van, az egyik az, hogy csak igazán ideálisan jól működő, nem büntető jellegű „just-culture” mellett képzelhető el, hogy egy pilóta vagy légi forgalmi irányító, esetleg egy repülőműszaki szakember kijelenti, hogy ő túl fáradt a biztonságos munkavégzéshez. A másik buktatója az, hogy az egyének gyakran nem értékelik reálisan a saját munkavégző képességüket, jellemzően nem érzékelik a fáradtság első jeleit. A mikro-megalvások nem tudatosuló jelei a fáradtságnak. Az egyének legtöbbször nem veszik észre, nem élik meg ezeket a munkavégzőképesség-csökkenéseket, bár rövid ideig tartanak, a repülés különösen veszélyes körülményei között ezek a rövid időszakok is komoly veszéllyel járhatnak anélkül, hogy azt maga a személy észrevenné, és jelenthetné.

Repülésbiztonsági szempontból sokkal biztonságosabb lenne a fáradtság mérése az emberi teljesítőképesség objektív méréseként, érdemes tehát a fáradtság jelenlétének igazolására és mértékének objektív mérésére alkalmas módszert kutatni a Covid19-fertőzés repülésbiztonsági rizikójának csökkentése érdekében.

A BIOSZENZOROK SZEREPE A FÁRADTSÁG MÉRÉSÉNEK LEHETŐSÉGEIBEN

Az agy éberségét, alvás és mikroalvás jelenlétét, legpontosabban a NASA Nap study során is alkalmazott agyhullámdetektálással, EEG (elektroencephalogram) vizsgálattal lehet megállapítani. Az agysejtek működése az elektromos feszültség ingadozásával jár. Az EEG egy noninvaszív vizsgálat, alapja a sok millió agyi idegsejt működése során mérhető feszültség-ingadozás detektálása, az agysejtek aktivitásának vizsgálata. Ehhez olyan elektródák szükségesek, amelyek a hajás fejbőrön is képesek az agyi neuronok elektromos tevékenységét érzékelni, hiszen a 2 elektróda közötti feszültségváltozás képezi az EEG-görbe alapját. Ezek a feszültség-ingadozások jellemezhetők frekvenciával, és ezeknek a frekvenciaváltozásoknak az időbeni regisztrálása és vizuális megjelenítése eredményezi az úgynevezett agyhullámok képét (7. ábra). Minél több elvezetést alkalmazunk, annál pontosabban mérhető fel egy-egy agyte-



7. ábra. Az agyhullámok típusai [31]

rület aktivitása. Éber tudatállapotra a béta tevékenység jellemző (13–30 Hz), a legaktívabb agytevékenység, erős mentális munkavégzés alatt gamma hullám mutatható ki (30–50 Hz), pihenés, elalvás, mélyalvás fázisában pedig fokozatosan csökken az agyhullámok frekvenciája. Az alvás-ébrenlét határát képező alfa hullámok (8–12 Hz) után a gyors szemmozgásokkal járó álmódási szakaszra a theta (4–7,5 Hz) tevékenység, míg a legmélyebb alvási fázisra a delta tevékenység (0,1–3 Hz) jellemző [32] (7. ábra). Az alvás bevezető fázisában, azaz közvetlen elalvás előtt alfa (8–12 Hz) hullámtevékenység jelenik meg az agyműködésben, mondhatni az alfa hullámok az alvás-ébrenlét határát jelzik, így az alfa hullámok detektálása alkalmas az éberségiállapot-csökkenést, az emberi teljesítőképesség elalvás előtti legsérülékenyebb szakaszát kimutatni. Alfa-hullám-tevékenység a relaxált, elcsendesült, nyugodt elmeállapotot tükrözi, éppen azelőtt, amikor az egyén elalszik, tehát az alfa hullámok megjelenése várható minden olyan állapotban is, ahol az emberi agy „kikapcsolni készül”, mert kifáradt és pihenésre van szüksége. Alvásmegvonás, túlterhelés, kifáradás esetén kialakulhatnak az előző fejezetben leírt nem tudatos mikro-megalvások.

Több tanulmány vizsgálta a mikro-megalvások szerepét az autóbalesetekben hosszabb, monoton útszakaszokon, vagy alvásmegvonás után. Mivel nem minden esetben jár együtt a szemhéjak lecsukódásával – akár nyitott szemmel is előfordulhat –, így egyes újabb autók, kamionok biztonsági rendszereként pl. a visszapillantó tükörbe épített szemmozgás-szenzorok nem biztos, hogy minden alkalommal érzékelik a fáradtságnak ezt a kezdeti jelét. Sokkal biztonságosabb az éberségi állapot csökkenését agyhullámok detektálásával (EEG) monitorozni.

A korábban említett NASA Nap study 1994-ben történt. Az akkori EEG-készülékek még robusztus, sok és hosszú vezetékrendszerrel felszerelt elektródákat használtak, a viszonylag nagy helyigényű jelfeldolgozó egységek miatt a fedélzeten csak a jeleket rögzítették, a jelfeldolgozás utólag valósult meg. Ma már sokkal fejlettebb szenzortechnológiák léteznek, a jelfeldolgozó rendszerek is modernebb, kisebb helyigényű és nagyobb kapacitású eszközök. Napjainkban egyre elterjedtebbek az emberi szervezet számos funkcióját észlelni képes, méretükben egyre kisebb bioszenzorok, és az adattárolás, jeltovábbítás, jelfeldolgozás technológiájában és képességeiben is rohamos fejlődés látható. Számos a mindennapokban is hordható „wearables” bioszenzor-technológia jelent meg, elsősor-

ban a fogyasztói piacot célozva, kiváltképp sporttevékenység, relaxációs módszerhatékonyság, vagy alvásminőség ellenőrzése céljából.

Számos példa látható a bioszenzor technológiák katonai-, taktikai felhasználására is [34], mind a klasszikus wearable (óra, fül dugó stb.) kivételben, mind a bioszenzorok egyik legmodernebb technológiájaként, a smart cloth (okos ruha) technológia formájában. Repülési környezetben a teljesítmőképesség mérésére alkalmas bioszenzorok felhasználására hazai kutatásban és eszközfejlesztésben is volt már példa (lásd: a TAGUÁN élettani paramétereket és környezeti tényezőket mérő műszer [36], illetve a Nemzeti Közszolgálati Egyetem és a RAVGYI közös kutatása az Aviation Human alprojekt keretében: barokamrában, virtuális valóság technológiával egybekötött, szimulált repülés közben mért szívfrekvencia variabilitás, agyi vérátáramlás-, perifériás oxigén- és kilélegzett széndioxid-szintmérés [37]). Ezeket a kutatásokat az alanyra erősített szenzorokkal végezték. Az ennél praktikusabb, és a valós repülésben is jobban alkalmazható smart cloth technológia lényege, hogy a bioszenzorokat a méretbeli csökkenésnek és a vezeték nélküli adattovábbítási képességnek köszönhetően textilbe – a megfelelő kontakt érdekében jellemzően alsóruházatba, alöltözők anyagába – integrálják, amelyek ily módon képesek többek között a katonai szenzorok által mért életjelenségei alapján információt szolgáltatni a katonára stressz-szintjéről és egészségi állapotának stabilitásáról. Egyes beépíthető bioszenzorok képesek lehetnek akár a környezeti veszélyforrásokat (pl. vegyi, biológiai, nukleáris veszélyt), vírusokat, extrém külső hőmérsékletet vagy légnomást is detektálni. Sérülés esetén például a szívritmus, a vérnyomás, a légzésszám alapján pontosabb adatokat biztosíthatnak a sérült egészségi állapotáról – ezek az adatok jól korrelálnak a sérülés súlyosságával, és akár pontos GPS-koordinátákat is szolgáltathatnak. A bioszenzor-technológiák a szokásos katonai jelentések tartalmán túl, akár távolabbi elhelyezkedésű egészségügyi kiűrtő központokkal is kommunikálhatnak, amely nagyban segítheti, gyorsíthatja és hatékonyabbá teheti az életmentésre helyszínre küldött erők megszervezését.

A piacon elérhető wearable bioszenzor eszközök, típusától függően általában alkalmasak a sportteljesítmény mérésre mellett (lépésszám, megtett táv, elégetett kalória stb.), az alapvető életjelenségek (pulzus, vérnyomás, perifériás oxigénszint, légzésszám, testhőmérséklet, bizonyos modellek esetében EKG-jelek) észlelésére is, azonban mindegyik gyártó kiemeli, hogy orvosi diagnosztikus célokra az eszköz nem felel meg, az eszközt viselő számára mutatott jelfeldolgozás (elemzés) eredménye nem orvosi diagnózis, csak tájékoztató jellegű adat.

Ma már létezik bioszenzor technológia az agyhullámok észlelésére is, szintén főképp a konsumer piacot célozva, alapvetően a jobb életminőséget segítve a relaxációs, stresszoldó módszerek hatékonyságának növeléséhez, illetve ehhez kapcsolódóan az alvásminőség monitorizálásához. Ezeket az EEG-szenzorokat természetesen a mindennapi kényelmes használatra tervezték, így már messze nem olyan robusztus apparátussal működnek, mint az orvostudományban használt klasszikus EEG-gépek, bár a könnyítések miatt az információ-értékük is korlátozottabb. Jellemzően korlátozott számú elvezetéssel rendelkeznek, és a kialakítás korlátai miatt legtöbbször csak bizonyos agyterületekről biztosít elvezetést. Az EEG-elektrodák kihívása, hogy a hajás fejbőrön is helyben maradjanak, és megfelelő minőségű jelet detektáljanak (ehhez eleinte jelátvivő közegre, géltre, majd vizes alapú elektrodára volt szükség, napjainkban már elterjedt a száraz elektroda használata is,

bár ez esetben érdemes figyelni a jel minőségére, amely gyengülhet a transzmitter közeg hiányában). A mindennapi tevékenységek közötti aktív felhasználás miatt egyrészt fontos, hogy az elektrodák a helyükön maradjanak, de fontos a jelek zajszintjének csökkentése is és annak technikai megoldása, hogy akár alváshoz is kényelmesek legyenek. Az EEG-jelek tárolására létezik beépített adattároló kapacitás utólagos jelfeldolgozást biztosítva, és létezik vezeték nélküli adattovábbítás is, egy különálló (már jóval kisebb) adattároló és jelfeldolgozó apparátushoz. A legmodernebb EEG-bioszenzorok már nemcsak száraz elektrodákkal dolgoznak (nincs szükség kellemetlen és kényelmetlen nedves közegre az elektrodák alatt), de Bluetooth-technológiával, vezeték nélküli kapcsolaton keresztül is képesek adatot továbbítani, a jelfeldolgozó szoftver pedig már egyszerű mobil applikáció formájában is létezik. Ez utóbbi installáció az alvásminőség ellenőrzésre és stresszoldás, relaxációs módszer hatékonyságának javítását célzó EEG-szenzor technológiában jelent meg annak érdekében, hogy az EEG-hullámok jeleinek értékelését egy felhasználóbarát, egyszerű, közérthető és könnyen elérhető platformra tegye. A jelfeldolgozó és kiértékelő szoftver figyeli az agyhullám tevékenységben beálló változásokat, észleli többek között az alfa és/vagy théta hullámok megjelenését, és ezáltal ad visszajelzést a felhasználónak, hogy az alkalmazott relaxációs módszerrel valóban sikerült-e pihennie. Az alvásminőséget értékelő EEG-szenzoroszközök az agyhullámok változásaiból a felületes alváásra jellemző alfa hullámot, a REM-mozgások (rapid eye movement – gyors szemmozgás) alvászajására jellemző théta hullámot és a mélyalváásra jellemző delta hullámok előfordulását, ezek ciklikus változásainak az alvási ciklusoknak a számát és hosszát mérve adnak visszajelzést az alvás minőségéről.

AZ EEG-BIOSZENZOROK FELHASZNÁLÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI A REPÜLÉSBIZTONSÁGBAN

Ahogy az előzőekben bemutatott vizsgálatokból kiderült, a fáradtság jól ismert, komoly repülésbiztonsági kockázatot jelent. A Covid19 fertőzésen átesett személyek döntő többségénél kialakul a fáradtság, amely az esetek nagy részében krónikus fáradtsággá, fáradékonysággá alakulva akár 3 hónappal (az esetek kb. 60%-ában), vagy akár 6 hónappal a fertőzés után is (az esetek kb. 34%-ában) jelen van [19], jelentősen fokozva a humánfaktor hibalehetőségét. A legobjektívabb mérési módja a fáradtság okozta

8. ábra. Emotiv EPOC X EEG-szenzor [39]



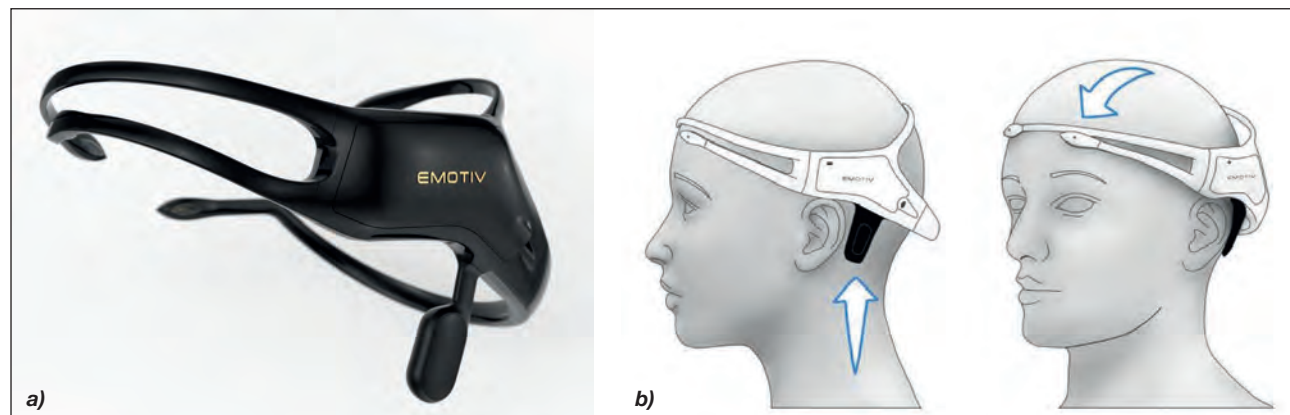
2. táblázat. A jelenleg elérhető EEG-bioszenzorok összehasonlítása (A szerző szerkesztése)

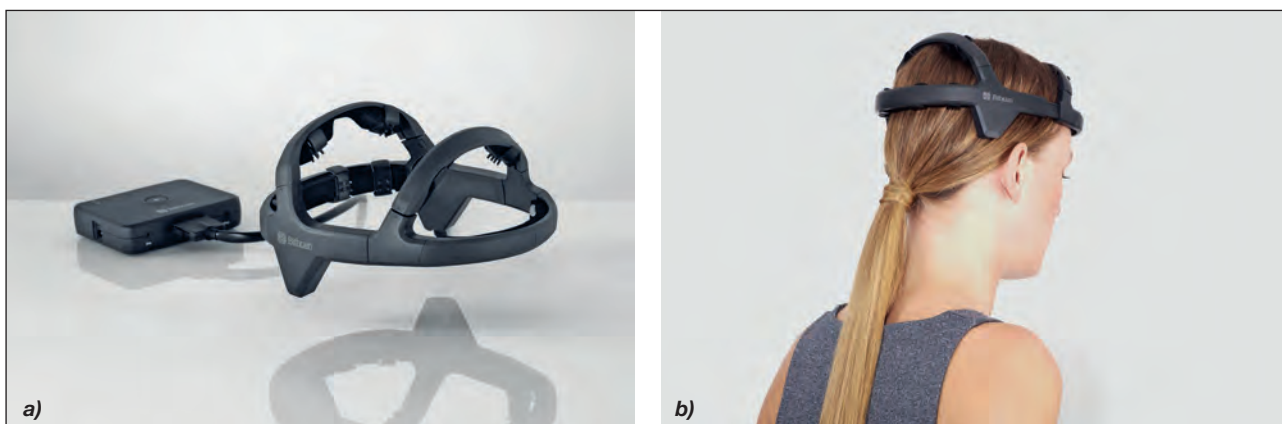
Típus	Elvezetések száma, iránya	Kialakítás	Szoftver és adatkapcsolat	Üzemidő (óra)	Megjegyzés
Mindwave headset 2, NeuroSky EEG	1	Fejpánt	Szoftver	6-8	Kevés elvezetésszám
iMotion EEG	Több elvezetés, de csak homlok	Fejpánt + vezeték	Szoftver	nincs adat	Kényelmetlen
Emotiv EPOC X	14	Fejhallgató jellegű + rugalmas elektróda karok	Szoftver / Bluetooth	9	Nedves elektróda, drága
Emotiv Insight 2	5	Fejpánt	Szoftver / Bluetooth	20	Félszáz elektróda, drága
Emotiv earbuds MN8	2	Füldugó-kialakítás	Szoftver / Bluetooth	6	Stressz és figyelemcsökkenés monitorozásra, de alfa hullám elemzésére nem jó
MUSE 2 fejpánt MUSE S rugalmas fejpánt	Nincs adat (frontális és parietális)	Fejpánt	Szoftver / Bluetooth	5	Alvás és relaxáció megfigyelésére, drága, EEG-analízisre nem alkalmas
Diadem EEG BitBrain	12 (4 régió)	Fejpánt + keresztpántok	Szoftver / 10 m hatótávú Bluetooth és Micro SD	8	Száraz elektróda
AIR Bitbrain	8 (frontális és nyakszirti)	Fejpánt	Szoftver / Bluetooth	8	
HERO BitBrain	9 (nincs nyakszirti)	Fejpánt + keresztpántok	Szoftver / Bluetooth	3	

munkavégzőképesség-csökkenésnek az éberség mérésére alkalmas EEG-hullámok (agyi tevékenység) detektálása, a fáradtság miatt az éberség csökkenésekor megjelenő alfa és/vagy théta agyhullámok detektálása. Erre jelenleg nincs a repülési környezettel kompatibilis bioszenzor-technológia, mivel a napjainkban elérhető EEG-bioszenzor műszerek lakossági piacra szánt (konzumer) eszközök, amelyek jelen kivételükben nem felelnek meg a repülési környezetben történő alkalmazásra. A katonai (repülési) környezetben leginkább alkalmas smart cloth technológiában EEG-szenzor még nem létezik, a felkutatott EEG-bioszenzor eszközök nem kompatibilisek a repülésben használt ergonómiai, informatikai és információbiztonsági feltételekkel (2. táblázat).

A manapság elérhető EEG-bioszenzorok között is akad olyan – pl. az Emotiv EPOC X (8. ábra), az Emotiv Insight 2 (9. ábra), vagy a BitBrain Diadem (10. ábra) –, amely akár kutatásban való felhasználásra is alkalmas lehet a repülésben dolgozók munkakörnyezetének figyelembevételével, bizonyos csoportok körében. Leginkább a légiforgalmi irányítók vagy a földi műszaki kiszolgáló személyek esetében (8–12 órás műszak, jelentős monotoníavesztés és fokozott sérülékenység a fáradtság okozta teljesítmény-romlás miatt bekövetkező humánfaktor-hibára), azonban e műszerek maximum a kutatási hipotézisek vizsgálatához használhatók, és semmiképp sem a kutatás egyik céljaként kitűzött, a repülési környezettel kompatibilis EEG-bioszenzor-technológia kialakításához. Ezek az eszközök

9. ábra. Emotiv Insight 2 EEG-szenzor a), az eszköz felhelyezése b) [39]





10. ábra. BitBrain Diadem EEG-szenzor [40]

rendszeres használatra nem megfelelőek, sem repülés közbeni alkalmazásra, mivel egyik modell mérete sem elég kicsi, nem elég kényelmes, és nem kompatibilis sem a repülési környezet ergonómiájával, sem a repülőtechnikákban jelenleg használt adattovábbítási rendszerekkel.

A repülési környezetben is alkalmazható EEG-bioszenzor-technológiával szemben támasztott alapkövetelmények:

- minimum 3 (frontalis, parietalis, occipitalis régió), de ideálisabb esetben 4 elvezetés (a felsoroltakon túl temporális régió);
- száraz elektródák használata;
- minőségi EEG-jel (kiemelten fontos a zajszűrés a repülési környezetre jellemző zaj és vibráció, valamint a dinamikus mozgások mellett);
- stabilan a helyén marad az elektróda a hajás fejbőrön is (fontos, hogy a nagy gravitációs hatások, gyorsulások közben is a helyén maradjon);
- ergonómiailag megfelelően a jelenleg használt eszközök mellett, további terhelés nélkül (sisak, illetve rádiókommunikációs eszközök, látásjavító eszközök használata mellett is kényelmes legyen hosszabb viselés mellett is);
- megfelelő energiaforrás (repülésben történő használatra is megfelelő, hőmérsékleti és légnyomásváltozásoknak ellenálló, öngyulladásra nem hajlamos, nem tűzveszélyes);
- vezeték nélküli adattovábbítási lehetőség a repülőtechnikával kompatibilis, vagy annak hiányában megfelelő adattárolási kapacitás utólagos jelfeldolgozás esetén;
- adattovábbítás esetén az egészségügyi adatok védelmének biztosítása;
- megfelelő szoftver az EEG-jelek elemzésére, az alfa és/vagy theta hullámok (mikro-megalvások) kiszűrésére, azok gyakoriságának detektálására, így az éberségi szint csökkenésének észlelésére és ideális esetben jelzésére (figyelmeztetés az éberségi szint kritikus csökkenése előtt, megelőzni a cselekvőképtelen állapot kialakulását).

Ezeknek a követelményeknek leginkább egy sisakba építhető, vagy sisak alatt hordható smart cloth technológia felelhet meg a repülésben, megfelelő szoftver és adattovábbítás, feldolgozás mellett, jelenleg azonban nem található smart cloth technológiában EEG-bioszenzor.

ÖSSZEGRÉS

A Covid19-fertőzés szövdményei hosszabb távon is befolyásolhatják az emberi teljesítőképességet, jelentős humánfaktor-hibaforrás rizikót jelenthetnek a repülésben is.

A jelen kutatás eddigi eredményei igazolták, hogy a poszt-Covid-fáradtság jelentősen rontja a fizikai erőnlétet még 2 hónappal a fertőzés után is a repülőorvosi alkalmasságvizsgálatra kötelezett – a polgári repülésben dolgozókhöz képest egészségesebb és szigorúbban szűrt – populációban is. A fertőzést követően hosszabb távon fennálló long-Covid szindróma repülőorvosi jelentőségét vizsgáló tanulmányokban a szerzők kiemelik a fáradtság, a gyengeség, a légzésfunkció, valamint az idegrendszer érintő esetleges szövdmények (depresszió, szorongásos zavarok) kedvezőtlen hatását a pilóták repülés közbeni teljesítőképességére, amelyek kapcsán – a Covid fertőzésen átesett pilóták repülőorvosi alkalmasságvizsgálata során – fokozott figyelmet, és szükség esetén kiegészítő vizsgálatok elvégzését javasolják [35]. A kutatásomban vizsgált repülésbiztonsági rizikót jelentő poszt-Covid-tünetek okozta kockázat csökkenése érdekében, kiemelten a fáradtság tekintetében, szükség lenne egy objektív mérési módszer, illetve eszköz kifejlesztésére, mivel jelenleg erre alkalmas bioszenzor-technológia nem elérhető. Az ember élettani jelenségeit monitorizáló bioszenzorok katonai, sőt katonai repülésben történő felhasználására létezik példa hazai fejlesztésű eszköz és kutatás terén is. 2005-ben publikálták a magyar fejlesztésű TAGUAN mérőműszer használatát valós repülés közben is, ami EKG, galvanikus bőrellenállás, bőrhőmérséklet, légzésszám, valamint környezeti faktorok – úgymint kabinyomás, kabinhőmérséklet, gyorsulási és gravitációs terhelések, sebesség, repülési magasság, a bedöntési és a bólintási szög rögzítés – segítségével vizsgálni képes a pilótára ható erők élettani hatását az emberi teljesítőképességre [36]. Hazai bioszenzorokkal végzett kutatási projektek terén jó példa a 2020-ban, a Haditechnika folyóiratban közzétett NKE GINOP pályázat keretében, az Aviation Human alprojekt kutatása, amelynek célja az ember fizikai és mentális teljesítőképességének monitorizálása és tanulmányozása hypobáriás hypoxia (barokamrai) körülmények között virtuális valóság (VR) technikával egybekötött repülési szimuláció, és valós repülés során. Ez a kutatás a bioszenzorok köréből a stressz mérésére alkalmas szívfrekvencia-variabilitás (Heart Rate Variability, HRV), perifériás oxigénszint, kilélegzett széndioxid szint és agyi vérkeringés mérésére alkalmas közel infravörös szenzorral (near infrared sensor – NIRS) dolgozott. [37] Ezekben a hazai fejlesztésekben és a tanulmányban áttekintett nemzetközi projektekben sem szerepel EEG-bioszenzor használata az emberi teljesítőképesség, éberség vizsgálatára, azonban a bioszenzorok miniatürizálásának és minőségének tendenciáit figyelembe véve lehetségesnek tartom akár a sisakba épített, akár a smart



cloth technológiának a megvalósítását EEG-jelek érzékelésében is, megfelelő kutatás-fejlesztési források és ipari partnerek bevonásával. További kihívást jelent majd sikeres fejlesztés esetén annak légi alkalmazhatóságát minősíteni, és tömeggyártásra alkalmas áron történő előállítási módját biztosítani. Ez a célkitűzés jól illeszkedhet a Magyar Honvédség egyik kiemelt kutatás-fejlesztési iránya, a Digitális Katona program témakörébe. A bioszenzor-technológia jelentőségét nem csupán a Covid19-fertőzés és a poszt-Covid-szövődmények kapcsán érdemes megfontolni a repülésbiztonság javítása érdekében, hanem a fáradtságmenedzsment szerves részeként, minden egyéb humánfaktor-hibára hajlamos munkakörben a fáradtság okozta rizikó csökkentése érdekében, nem csupán a repülésben, hanem minden más, fokozott munkaterheléssel járó és fokozott figyelmet igénylő munkakörben is.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [26] Dawson, D., Reid, K. Fatigue, alcohol and performance impairment, *Nature* (1997) pp. 388–235.;
- [27] ICAO Doc 9859 Safety Management Manual, fourth Edition, 2018 <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/5863.pdf> (Letöltés: 2022.11.18.);
- [28] ICAO Doc 9966 Manual for the Oversight of Fatigue Management Approaches, Second Edition, version 2 (revised) 2020 <https://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/Pages/Resources.aspx> (Letöltés: 2022.11.16.);
- [29] Rosenkind et al: The NASA NAP study, NASA Technical Memorandum 108839, July 1994. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19950006379/downloads/19950006379.pdf> (Letöltés 2022.11.17.);
- [30] Garrigues, E., Janvier, P., Kherabi, Y., et al. Post-discharge persistent symptoms and health-related quality of life after hospitalization for COVID-19. *J Infect.* 81(6) (2020):e4-e6. doi:10.1016/j.jinf.2020.08.029;
- [31] Az agyhullámok típusai (forrás: <https://agytantura.health.blog/2018/03/09/adhd-es-a-neurofeedback/>) (Letöltés 2022.11.17.);
- [32] Kéri Sz., Gulyás B. Elektrofiziológiai módszerek a kognitív idegtudományban, In Pléh Cs., Kovács Gy., Gulyás B. (szerk.) *Kognitív idegtudomány*, Osiris Budapest, 2003., pp. 81–98.;
- [33] Guillemainault, Christian, Billiard, Michel, Montplaisir, Jacques, Dement, William C. Altered states of consciousness in disorders of daytime sleepiness, *Journal of the Neurological Sciences, Volume 26, Issue 3*, (1975) pp. 377–393, ISSN 0022-510X, https://docksci.com/altered-states-of-consciousness-in-disorders-of-daytime-sleepiness_5e5ce5eb097c4765508b45a2.html (Letöltés: 2022.11.17.);
- [34] Irad: The future of smart tactical clothing forrás: <https://xmetix.com/the-future-of-smart-tactical-clothing/> (Letöltés: 2022.11.16.);
- [35] Ko, S.Y., Nguyen, N.K., Lee, C.L., Lee, L.A., Nguyen, K.U.T., Lee, E.C. Aeromedical Implications of Long-Term COVID-19 Sequelae. *Aerosp Med Hum Perform.* 2021 Nov 1;92(11):898-907. doi: 10.3357/AMHP.5928.2021. PMID: 34819216.
- [36] Grósz A., Szabó S. A., Vigh Z., „Adatfeldolgozó rendszer a pilóták fiziológiai állapotának vizsgálatára”, *Haditechnika XXXIX. évf. január-február* (2005): 2–6;
- [37] Domján K., Vada G., „Katonai pilóták élettani paramétereinek monitorozása szimulált repülési körülmények között”, *Haditechnika LIV. évf. 3.* (2020): 2–7. DOI:10.23713/HT.54.3.01;
- [38] Forrás: NASA Ames Research Center - Human Systems Integration Division, Public domain, via Wikimedia Commons https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bf/Human_fatigue_study.jpg (Letöltés: 2023.1.18.);
- [39] Forrás: <https://www.emotiv.com> (Letöltés: 2023.1.18.);
- [40] Forrás: <https://www.bitbrain.com/neurotechnology-products/dry-eeeg> (Letöltés: 2023.1.18.).

HM ZRÍNYI TÉRKÉPÉSZETI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS SZOLGÁLTATÓ KÖZHASZNÚ NKFT.

1024 Budapest II., Szilágyi Erzsébet fasor 7–9. • ✉ Postacím: 1276 Budapest 22, Pf. 85 • www.hmzrinyi.hu



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

KÖNYV- ÉS TÉRKÉPBOLT:

1024 Budapest II., Fillér u. 14.

☎ +36 30 388 4034 • E-mail: ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu

<https://shop.hmzrinyi.hu/>

Nyitvatartás: hétfő–péntek 9:00–16:30

• PrePress – Nyomdai előkészítés

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

• Gyorsokszorosítás

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

• Press – Nyomtatás

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

• PostPress – Kötészet feloldozás

- felületnemesítés fóliázással, laminálással 167 cm szélességig
- hajtogatás, spirálozás, sorszámozás
- összehordás, irkakészítés, ragasztókötés
- kasírozás, táblakészítés, aranyozás
- szortiment könyvkötészet
- vákuumformázás
- vákuumformázó szerszámok, terepszaltek előállítása CNC technológiával

1. ábra. Leguan 2 hídvető harckocsi
(Fotó: Ocskay István)



Ocskay István*

Az integrált, moduláris, vezető nélküli szárazföldi járműrendszer bemutatója Németországban

Az iMUGS PESCO program záróeseménye

Az Európai Unió tagállamainak Állandó Strukturált Együttműködés szervezete, a PESCO (Permanent Structured Cooperation), iMUGS (integrated Modular Unmanned Ground System) munkacsoportja 2022. decem-

ber 13–16. között rendezte meg a 2020-ban megtartott alakuló ülését követő hatodik – egyben utolsó –, demonstrációval is egybekötött munkacsoportülését, amelyet a program két vezetője, a holland központú Milrem Robotics

ÖSSZEFOGLALÁS: A szerző, a Magyar Honvédség Haderőmodernizációs és Transzformációs parancsnokság modernizációs igazgatójaként hatodik alkalommal vett részt az iMUGS munkacsoport ülésén és az ahhoz kapcsolódó technikai bemutatón, ezúttal a németországi Brück városa mellett található Flämingkasarne-ban. A közel kétéves program az elmúlt év decemberében a záróeseményéhez érkezett, amelyen az elmúlt időszak fejlesztéseit vonultatták fel. A bemutatón egy harcászati és egy technológiai fókuszú demonstrációra került sor, amelyek az UGV-k felderítési, támogatási és logisztikai képességeit foglalták össze. A bemutatók jó alapot adnak a 2023 júniusában Észtországban megrendezendő UGV Trial-2023 című rendezvényhez, ahol különböző nemzetek UGV-csapatái méretetnek meg egymással együttműködve, több, vezető nélküli szárazföldi járműre optimalizált tesztkörnyezetben.

KULCSSZAVAK: autonóm szárazföldi jármű, PESCO, UGV, TheMIS, Diehl, KMW

ABSTRACT: The author, as the Director of Modernisation Directorate at the Hungarian Defence Forces Force Modernisation and Transformation Command, participated for the sixth time in the iMUGS working group meeting and related technical demonstrations, this time in Flämingkasarne, near the town of Brück, Germany. The nearly two-year programme has now come to its final event, during which recent developments were demonstrated. This year's demonstration was divided into two scenarios, a combat, and a technology-focused demonstration, which worked on the provision of reconnaissance, support, and logistics capabilities of UGVs. The demonstrations will provide a good basis for the UGV Trial-2023 to be held in Estonia in June 2023, where UGV teams from different nations will compete against each other in different test environment optimised for UGVs.

KEY WORDS: autonomous ground vehicles, PESCO, UGV, TheMIS, Diehl, KMW

* Ezredes. MH Haderőmodernizációs és Transzformációs Parancsnokság, Modernizációs Igazgatóság, igazgató, NKE doktorandusz, ORCID: 0000-0003-0279-8215



észt kirendeltsége, és a német KMW¹ vállalatok szponzorálták. A KMW vállalat, kihasználva a demonstráció nyújtotta figyelmet, a második szcenárió keretében bemutatta a 2022. júniusi Eurosatory Haditechnikai Kiállítás és Vásáron debütált Boxer Tracked lánctalpas páncélozott gyalogsági harcjárművét, valamint a Boxer RCT30² típusú, 8x8 kerékképletű, páncélozott szállító harcjármű bázisára épített, páncélozott gyalogsági harcjárművét is.

A Haditechnika korábban megjelent számaiban³ már utalást tettünk arra, hogy a honvédelmi tárca és a Magyar Honvédség (MH), kiemelten kezeli a vezető nélküli szárazföldi járművekhez köthető civil és haditechnikai jellegű kutatásokat. Ennek megfelelően több mint két éve részt vesz szakértői szinten abban az iMUGS programban, amelynek célja a hibrid hajtású autonóm szárazföldi járművekre (UGV – unmanned ground vehicle) olyan moduláris, a lehető legnagyobb autonómítási fokkal [1] rendelkező szenzorarchitektúra kifejlesztése, amely a programban részt vevő vállalatok és kutatóhelyek számára megfelelő alapot biztosít ahhoz, hogy saját katonai igényeiknek megfelelően továbbfejleszthessék azokat.

Az utolsó, németországi bemutató összefoglalta az elmúlt közel kétéves időszak fejlesztési eredményeit, valamint iránymutatást, javaslatot tett a szakértők számára, hogy – figyelembe véve a szomszédunkban zajló háború során, a vezető nélküli rendszerekkel szerzett tapasztalatokat is – milyen irányba lenne érdemes a 2022-ban lezárult programot folytatni. A bemutató ideje alatt uralkodó kedvezőtlen időjárás (–10 °C körüli átlaghőmérséklet) ellenére, az eszközök és azok kezelői teljes egészében teljesítették a szervezők által kitűzött célokat. A szervezők a demonstrációk bemutatásához a Bundeswehr Brück városa melletti Lehnin tesztpálya egyik átszeldelet, növényzettel, facsoportokkal tűzdelt, mintegy kéthektáros területét jelölték ki. Az adott területen felállítottak egy fából épített épületegyüttest, illetve több mesterséges akadály is tarkította a terepet. Az akadályokkal a szervezők komplexebbé kívánták tenni a felderítendő területet, és növelni kívánták az önvezetéssel közlekedő harcjárművek által leküzdendő terepszakaszok bonyolultságát. (2. ábra) A munkacsoport résztvevőin kívül, a bemutatókon a Bundeswehr különböző parancsnokságainak, intézeteinek vezetői is részt vettek.

Az elmúlt öt bemutató során megismert önvezető technikák és technológiák összefoglalására két szcenárió, és egy technikai bemutatót állítottak össze. A bemutatók az

2. ábra. Egy felderítő feladatú TheMIS UGV önálló menetben, háttérben az „ellenséges” épületegyüttes
(Fotó: Ocskay István)



3. ábra. Egy szállító feladatú Ziesel UGV és rakománya, a szakasz egyéni felszerelését képező Panzerfaust 3 kézi páncéltörő rakétafegyverek gyakorló változataival
(Fotó: Ocskay István)

önvezető rendszerek hadszíntéri alkalmazására fókuszáltak. Demonstrálták, hogy ezek az eszközök milyen felderítési, logisztikai, utánszállítási és kimenekítési feladatokban tudnak részt venni, illetve milyen szinten tudnak együttműködni a vezetővel rendelkező, és a vezető nélküli haditechnikai eszközökkel. A szcenáriókban részt vett a Bundeswehr egyik tesztlövész szakasza a számukra rendszeresített fegyverzettel, és egyéb kiegészítő felszerelésekkel. A szakasz eszközeit a német Diehl vállalat Ziesel típusú UGV-je szállította a gyülekezési körletbe, illetve biztosította a feladatvégrehajtás alkalmával a felszerelések szállítását.

A Ziesel egy teljesen elektromos meghajtású UGV, amelyet a német Mattro cég fejlesztett ki, és a Bundeswehr által végrehajtott tesztek során a gyalogos lövészegységek kiszolgálására optimalizálták. A 148 x 123 cm-es méretű, 350 kg önsúlyú és 500 kg terheléssel is üzemeltethető szállító járművet a Diehl vállalat a Hentschel System GmbH-val közösen tökéletesítette a német szárazföldi csapatok igényei, és a harcászati-hadművelési követelmények alapján. (3. ábra) A jármű maximális sebessége 20 km/h, amelyet a 10 kWh kapacitású Li-ion akkumulátorok 40 km-es távon, vagy 24 órán keresztül tudnak kiszolgálni. Ezek a paraméterek bőségesen elegendőek ahhoz, hogy a gyalogosan közlekedő lövészkatonák logisztikai kiszolgálását biztosítani tudja az eszköz. [2]

A Ziesel, illetve a bemutatón részt vevő TheMIS UGV-k egy részének önvezető rendszerét is az ún. PLATON Autonomy Kit képezte, amelyet a Diehl Defence a Bundeswehr igényeinek megfelelően, eredetileg a német hadsereg Rheinmetall MAN HX58 típusú 6 x 6 kerékképletű terepjáró tehergépkocsijára fejlesztett ki. Az önvezető rendszernek öt működési funkciója van:

- távirányítással üzemeltetett,
- követő- (follow me) funkció,
- előfutó (push) funkció (a követő és az előfutó működéseket a jármű elején található sztereó kamerarendszer biztosítja),
- GPS által támogatott útvonalkövetés (beprogramozott térkép alapján),
- MULE- (öszvér) funkció. (A LiDAR-szenzorok által biztosított adatok alapján, az eszköz az akadályokat elkerülve, egy beprogramozott – rögzített – útvonalat jár be.)

Az önvezető egységnek köszönhetően, a passzív optikai érzékelők miatt saját kisugárzás nélkül (LiDAR), illetve GPS-zavarás alatt lévő környezetben is lehetséges a követő-előfutó funkciók használata. [3]



4. ábra. A felderítő konfigurációjú TheMIS UGV-k területbejárás közben (Fotó: Ocskay István)

1. SZCENÁRIÓ: HARCÁSZATI DEMONSTRÁCIÓ

A bemutató kezdetén három Milrem gyártmányú TheMIS UGV kezdte meg feladatának végrehajtását önállóan, autonóm tájékozódási képességeiket kiaknázva. A három eszköz feladata a mesterséges és természetes akadályokkal borított terepszakasz felderítése volt, különös figyelemmel az ellenségesnek ítélt épületegyüttes környezetére. A három eszköz egymással is kommunikálva derítette fel a kijelölt területet az akadályokra és az ellenséges mozgásokra fókuszálva, amely információkat egymással, valamint egy vezetési pont szerepét betöltő Boxer parancsnoki harcjárművel is megosztották. A felderítési információk értékelését követően, a parancsnoki vezetési pontban helyet foglaló szakaszparancsnok a három felderítő UGV-t a terület három olyan pontjára küldte ki, ahonnan a várható támadási irányról, illetve az ellenség mozgásáról adhattak további információkat. (4. ábra)

A parancsnoki vezetési pontban ülő szakaszparancsnok a felderítési adatok alapján az épületegyüttes megrohamozására adott parancsot a szakaszának, amelyből az egyik raj szemből tüzellefogta az ellenséges lövészeket. A másik két raj jobb oldalról, egy Ziesel UGV-vel támogatva megközelítette az épületeket, és megkezdte annak elfoglalását. A tüzellefogást biztosító rajnál kezdett elfogyni a lőszer, amelyre reagálva a szakaszparancsnok, a raj fedezékét biztosító földkupac koordinátáit ismerve, odaküldött egy Ziesel logisztikai UGV-t a szükséges lőszerutánpótlással. (5. ábra)

Az épületekben folyó harc során egy katona megsebesült, így őt sürgősen hátra kellett szállítani a sebesültgyűjtő pontra. A feladatot a szakaszparancsnok egy TheMIS UGV-re bízta, amely az ismert koordináták alapján, a PLATON Autonóm Kit segítségével, önjáró üzemmódban megközelítette a kijelölt épületet, és visszaszállította biz-

5. ábra. Az utánpótlást szállító logisztikai Ziesel UGV feladatvégrehajtás közben. A jármű végén jól látszik a vontatási képességet biztosító vonófej (Fotó: Ocskay István)





6. ábra. PLATON önvezető szettel felszerelt TheMIS UGV, sebességszállítás közben (Fotó: Ocskay István)

tonságos fedezékébe a sérültet. (6. ábra) Közben a felderítő feladatokkal megbízott TheMIS UGV-ktől jelentés érkezett egy, a bal szárnyon feltűnt, ellenséges megerősítő páncélozott csoport megjelenéséről, amelyre a szakaszparancsnok egy páncéltörő kötelék előremozgását rendelte el. A Panzerfaust 3 kézi páncéltörő fegyverekkel felszerelt lövészek sikeresen megsemmisítették az ellenséges páncélozott erők AMPV⁴ harcjárművét, így visszavonulásra kényszerítették azokat. (7. ábra) A harc végeztével a három raj visszavonult a nyugvási körletébe, amelynek során a hátramozgásukat a logisztikai TheMIS és a Ziesel UGV-k segítették, biztosítva a felszerelések és a fegyverzet elszállítását.

Az AMPV Type 2A többcélú páncélozott harcjármű a KMW és a Rheinmetall vállalatok közös fejlesztése, amely a DINGO növelt aknavédelemmel ellátott harcjárműveknél kisebb méretű parancsnoki jármű létrehozása céljából készült. A négy-öt fő befogadására tervezett járművet egy 200 kW (272 LE) teljesítményű, 3200 cm³ lökettérfogatú, soros elrendezésű, hathengeres Steyr M16 SCI dízelmotor hajtja. Az MRAP⁵ kategóriába tartozó, növelt aknavédelemmel rendelkező, 8 tonnás önsúlyú harcjárművet a Bundeswehr ISAF⁶ tapasztalatai alapján fejlesztették ki, majd tökéletesítették. Az eszköz biztosítja a kezelőállomány nagyfokú

7. ábra. Az ellenlökés során „megsemmisített” AMPV páncélozott harcjármű, rajta a drónok indítását-fogadását végző NEST adapterrel (Fotó: Ocskay István)



8. ábra. A Milrem vállalat TheMIS felderítő UGV-i, önálló akadályleküzdés közben (Fotó: Ocskay István)

IED elleni védelmének, és terepen történő mozgékonyágának kombinációját. A 700 km-es hatótávolsággal rendelkező harcjármű alkalmas 60%-os lejtők, és 30%-os oldaldőlésű útszakaszok leküzdésére, mindemellett szilárd burkolatú úton 110 km/h-s maximális sebességre is képes. [4]

Szakmai szempontból a művelet érdekes részét az UGV-k önálló tájékozódása, akadály-elkerülése jelentette, amely a korábbi versailles-i bemutatóhoz képest sokkal simábban, nagyobb megállások és hibák nélkül történt. (8. ábra) Látható, hogy a logisztikai és felderítő rendeltetésű járművek távirányított, követő és két pont közötti manőverezése, valamint önálló haladása már alap szinten biztosítható a meglévő érzékelők és algoritmusok segítségével. Jól vizsgázott a rendszer globális és lokális swarming (rajzás)⁷ képessége is, mindez oly módon, hogy a szakértők részére kivetítón jelenítették meg azokat a járműben éppen zajló folyamatokat, amelyeket a jármű érzékelő rendszerei végeztek.

2. SZCENÁRIÓ: TECHNOLÓGIA DEMONSTRÁCIÓ

A második bemutató során, az iMUGS program két vezető vállalata, az észt Milrem és a német KMW, egy olyan hadszíntéri feladatot mutatott be, amely az elképzelésük szerint már a közeljövőben is végrehajtható lehetne, akár éles bevetés keretében is. A feladat során egy 10 méter széles folyóakadály leküzdését mutatták be vezető nélküli, távirányított és önvezető, valamint ember vezette eszközök együttműködése során.⁸ A scenárióban egy Puma harcjármű, 30 mm űrméretű gépágyút integráló tornyával felszerelt Boxer RCT30-as biztosította az átkelést a távolból. (9. ábra) A Boxer páncélozott szállító harcjármű moduláris rendszere lehetővé teszi, hogy a feladatorientált modulokba (Mission Oriented Modules – MOM) különféle fegyverrendszereket integrálhassanak, jelen esetben a Puma lánctalpas gyalogsági harcjármű távirányított tornyát. Az így létrejövő kerekcsúszós páncélozott gyalogsági harcjármű ugyanazzal a tűzerővel rendelkezik, mint a lánctalpas Puma páncélozott szállító harcjármű, de megtartotta a kerekcsúszós futómű által biztosított nagyobb sebességet és beépített területen biztosítható mozgékonyágot, a harcjárműtípus híresen magas védelmi képességeinek megőrzésével.

Egy lánctalpas Boxer Tracked páncélozott gyalogsági harcjármű (10. ábra) játszott a parancsnoki vezetési pont szerepét, benne foglalt helyet a második bemutató műve-



9. ábra. A Boxer RCT30 kerekes páncélozott gyalogsági harcjármű tornyának bal oldalán jól kivehető a kettős Spike Lance LR2 páncéltörő rakétaindító (Fotó: Ocskay István)

leti parancsnoka is. Az előbb említett 30 mm-es gépágyúval szerelt, feladatorientált modul „köré” a KMW vállalat egy olyan lánctalpas alvázat készített, amelybe az összes, korábban a Boxer kerekes harcjárművekhez gyártott MOM-ok beépíthetők. Az újonnan kifejlesztett harcjárműben egy 880 kW összteljesítményű, MTU MT881 CR típusú, 18 200 cm³ lökettérfogatú, V8 hengerelrendezésű, folyadékűtésű dízelmotor kapott helyet, a vele egybeépített Renk HSWL 256 típusú hidrodinamikus automata sebességváltóval. A vállalat egyedüli célja a lánctalpas Boxer kialakításával az volt – hiszen a Rheinmetallal együtt ők gyártják a Puma lánctalpas páncélozott gyalogsági harcjárművet is –, hogy a már legyártott több száz MOM szükség esetén alkalmassá tehetővé váljon lánctalpas platformon történő használatra is. [6]

Az átkelés fegyveres biztosítását a Milrem vállalat Type-X típusú, 12 t tömegű, 30 mm-es űrméretű gépágyút integráló Kongsberg Protector toronnyal felszerelt UGV-je adta, míg magát az átkelést egy távirányított Leguan 2 AVLB⁹ – egy Leopard 2 alvázára épített – hídvető harckocsi biztosította a rajta lévő 14 m hosszúságú, és 100 tonna teherbírási hídtelepével. (1. ábra) A bemutatót látott, a norvég

hadsereg igényei alapján átalakított Leguan 2 AVLB távirányított hídvető harckocsi ugyanazokon az alapokon készült, mint a 2024-ben, a harckocsi és tüzerképességek fejlesztése érdekében hazánkba beérkező 3 db Leguan 2HU hídvető harckocsi. Az 500 méteres hatótávval rendelkező távirányító szett biztosítja, hogy a Leguan 2 hídvető harckocsit távirányítással vezetni lehessen (max. 15 km/h sebességig), arról hidat lehessen vetni, majd használat után a lerakott hidat vissza lehessen venni az eszközre. A különféle kamerarendszerekkel felszerelt eszköz, a rendelkezésre álló távvezérlő szettel 6 órán keresztül üzemeltethető. A távirányító rendszer együttes tömege 400 kg, amelybe beleszámítanak a különféle információkat biztosító kamerák és aktuátorok, vezetékek, valamint az összeköttetést biztosító rádiórendszer elemei is. A távirányító szett integrálási ideje kevesebb mint 4 óra. [7] (11. ábra)

A forgatókönyv szerint az átkelőhely tűzzel történő biztosítását végző Type-X UGV előremozgott a folyó mellett fedezékébe, biztosítva ezzel az átkelőhelyet a hídvető harckocsi számára. A Leguan 2 távirányítással megközelítette a folyót szimbolizáló árkot, majd végrehajtotta a 14 m hosszúságú hídtelep lerakását, és félreállva biztosította a

10. ábra. A Boxer Tracked páncélozott gyalogsági harcjármű, mellette a Milrem gyártmányú Type-X felfegyverzett UGV (Fotó: Ocskay István)



11. ábra. A Leguan 2 hídvető harckocsi, előtérben a távirányításhoz használt rádióállomás és irányító szett (Fotó: Ocskay István)





12. ábra. A KMW vállalat Leguan 2 AVLB távirányított hídvető harcokocsija, az általa korábban lefektetett 14 méteres hídelemre hajt fel (Fotó: Ocskay István)

többi harcjármű áthaladását a hídon. A hídon áthaladó eszközök átvették az átkelőhely tűzzel történő fedezését a Type-X távirányított harcjárműtől, amely a főerők áthaladását követően szintén áthaladt a hídon. Végezetül a Leguan 2 hídvető harcokocsi haladt át a saját maga által lerakott hídelemen, visszavette azt magára, és az így teljessé váló oszlop tovább folytatta mozgását a földúton. (12. ábra)

A feladatvégrehajtás szakmailag érdekes eleme volt a vezetővel ellátott, és a vezető nélküli szárazföldi rendszerek együttműködése, ahogy a harcjárművezetővel irányított, az önvezető és távirányított harcjárművek együtt tudtak működni egy valóságoshoz nagyon hasonló szcenárióban, és hibamentesen megoldottak egy könnyűnek aligha nevezhető hadszíntéri mozzanatot. Jól látszott, hogy az önvezető és távirányított eszközök hogyan lesznek képesek hamarosan kiszorítani a vezetővel rendelkező eszközöket a hadszíntérről, megóvva ezzel az élőerőket a veszélyes katonai mozzanatok végrehajtásától.

A lassan majd két éve tartó program elérkezett az utolsó demonstrációjához, amely a szakértői közönség véleménye alapján is egyértelműen sikeres volt. A munkacsoport az egymást követő rendezvényeken egyre komplexebb, az előző bemutatókra épülő demonstrációkat tartott annak érdekében, hogy a 2021-ben megfogalmazott terveiket a 2022 decemberében, Németországban megtartott „záró vizsgán” kiváló minősítéssel tudják teljesíteni. A 2022-ben lezárt iMUGS program sikere nyomán már tervezik a folytatást, amely az alábbi területekre fókuszál:

- az UGV-kezelők kognitív terhelésének csökkentése a mesterséges intelligencia támogatása alkalmazások segítségével;
- olyan moduláris, növelt együttműködési képességekkel rendelkező interfészek kialakítása, amelyek lehetővé teszik az autonóm technológiák vezető nélküli és vezetővel rendelkező eszközökre történő minél gyorsabb és egyszerűbb integrálását;
- a vezetővel rendelkező, és a vezető nélküli harcjárművek egymás közötti együttműködésének növelése a rajzási képességek kiterjesztésével;
- „digitális-iker”¹⁰ képesség kialakítása, amellyel az UGS¹¹ navigációs és feladatorientált algoritmusainak a tesztkörnyezete hozható létre.

Az újabb sorozat előtt azonban, idén nyáron fontos rendezvényt tartanak Észtorszában, az Ész Védelmi Erők Lásna városa melletti gyakorló területén, amelynek célja a vezető nélküli szárazföldi eszközök jelenlegi autonómítási szintjének meghatározása és megértése. Ennek érdekében különböző szcenáriók forgatókönyvét előírva versenyeket hirdetnek 0,5–3 tonna közötti össztömeggel rendelkező, minimum 6–7 TRL¹²-szinten lévő UGV-k részére. A tesztelésen „A” és „B” pont közötti haladást kell végrehajtani távirá-

nyított, követési (follow me) és adott koordináták szerinti tájékozódás alapján, az alábbi különféle teszthelyszíneken:

- a) Terepi vezetés poros, sáros környezetben.
- b) Vezetés erdős, fás területen, földúton, csapáson.
- c) Nyílt, alacsony vagy magas fűvel borított területen történő vezetés.
- d) Különböző vegetációval ellátott területen történő vezetés.
- e) Vezetés erdőben, fák között, az utak elhagyásával.

Terveink szerint a már most több mint 20 ország előzetes részvételi szándékával fémjelzett rendezvényről, az eddigi iMUGS demonstrációkhoz hasonlóan, a Haditechnika olvasóit is tudósítjuk majd.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Gyarmati József és Simó Réka, „Autonóm terepjáró járművek katonai felhasználásának lehetőségei I. rész” *Haditechnika* XIV., 6. szám (2020): 11–18. <https://doi.org/10.23713/HT.54.6.03>;
- [2] Keeping pace with the infantry, <https://www.diehl.com/defence/en/press-and-media/news/keeping-pace-with-the-infantry/518523/> (Letöltve: 2023. 1. 2.);
- [3] Valpolini, Paolo. The Ziesel UGV by Diehl Defence, <https://www.edrmagazine.eu/the-ziesel-ugv-by-diehl-defence-2022.12.20.> (Letöltve: 2022.12.20.);
- [4] Performance characteristics of the AMPV, <https://www.kmweg.com/systems-products/wheeled-vehicles/ampv/> (Letöltve: 2023.1.2.);
- [5] AMPV, Armoured Multi-Purpose Vehicle Type 2A, Krauss-Maffei Wegmann GmbH & Co. KG., brassúra;
- [6] BOXER Tracked, Highest Modularity – now on tracks, Krauss-Maffei Wegmann GmbH & Co. KG., brassúra;
- [7] LEGUAN remote-controlled (prototype), Krauss-Maffei Wegmann GmbH & Co. KG., brassúra.

JEGYZETEK

- 1 Krauss-Maffei Wegmann GmbH német hadiipari vállalat, amely egyesülve a francia NEXTER vállalattal hivatalosan már KNDS (KMW+NEXTER Defense Systems) néven tevékenykedik.
- 2 Remote Controlled Turret – távirányított torony (30 mm-es géppágyúval szerelve).
- 3 Ocskay István, „Ész robotikai innováció” *Haditechnika* XV., 6. szám (2021): 21–25. <https://doi.org/10.23713/HT.55.6.04>; Ocskay, „Az iMUGS PESCO program folytatása Rigában” *Haditechnika* XVI., 1. szám (2022): 28–31. <https://doi.org/10.23713/HT.56.1.05>; Ocskay, „Az iMUGS PESCO program folytatása Brüsszelben”, *Haditechnika* XVI., 5. szám (2022): 31–34. <https://doi.org/10.23713/HT.56.5.06>; Ocskay, „Integrált, moduláris, vezető nélküli szárazföldi járműrendszerek bemutatója Versailles-ban” *Haditechnika* XVII., 2. szám (2023): 29–31. <https://doi.org/10.23713/HT.57.2.06>.
- 4 Armoured Multi-Purpose Vehicle – páncélozott többcélú jármű.
- 5 Mine Resistant Ambush Protected – növelt aknavédelemmel ellátott (harcjármű).
- 6 International Security Assistance Force – a NATO afganisztáni missziójának rövidítése.
- 7 Globális rajzásról akkor beszélünk, amikor a járművek egymással történő kommunikációja, a döntéshozatal egy központi szerveren (parancsnoki harcjármű) keresztül történik, míg lokális rajzások ezek a döntéshozatali folyamatok az egyes UGV-kben valósulnak meg, az információk nem mennek keresztül központi egységen.
- 8 MUM-T – manned-unmanned teaming.
- 9 Armoured Vehicle Launched Bridge – páncélozott hídvető harcjármű.
- 10 A digital-twin, a meglévő UGS rendszernek egy szoftverben megjelenő, a valós eszköz/jármű tulajdonságaival rendelkező digitális, szoftveres változata.
- 11 Unmanned Ground System – vezető nélküli szárazföldi rendszer.
- 12 Technology Rediness Level – technológiai készenléti szint.



6. ábra. Bayraktar TB2-es harci drón
(Forrás: Stock illusztráció: 2194410177)

Hegedűs Ernő* – Hannel Sándor** – Végvári Zsolt***

A Bayraktar drónok II. rész

A Bayraktar futóműves indítású MALE UCAV-ot 2016-tól a török Baykar Makina cég gyártja. A szerzők tanulmányuk első részében bemutatták a típuscsalád tagjait, és a TB2 változatot – a NATO Class II-III UAV főbb paramétereit alapján – összehasonlították más gyártók ismert típusaival. A Bayraktar drónok történetét feldolgozó sorozat a TB2 típusra fókuszál, mert a felfegyverzett TB2 UAV-t bevetették a 2020. évi azeri–örmény háborúban, majd az orosz–ukrán háborúban is jelentős szerephez jutott.

A BAYRAKTAR TB2 FELFEGYVERZETT UAV HARC ALKALMAZÁSA ÉS ALKALMAZÁSÁNAK SZERVEZETI HÁTTERE

KORAI ALKALMAZÁSOK

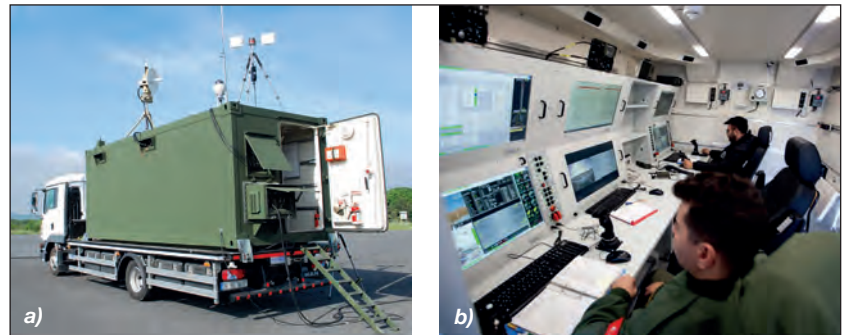
A TB2-es, és általában a török drónipar jelenlegi erős pozícióját jelentős részben az a tény alapozza meg, hogy talán ez a típus rendelkezik a legtöbb harci tapasztalattal. Bár az amerikai drónok már a TB2-es első bevetését megelőzően számtalan sikeres küldetést teljesítettek, lényeges különbség azonban, hogy azokat szinte kizárólag erősen aszimmetrikus környezetben tették. A Reaperok olyan ellenséggel szemben hajtottak végre csapásokat, amelyek semmilyen légvédelmi vagy elektronikai harci képességgel nem rendelkeztek. Ezzel szemben az elmúlt években a Bayraktar drónok reguláris haderők kiterjedt összecsapásaiban bizonyították rendkívül hatékony működésüket.

A TB2-est bizonyosan számos alkalommal bevetette a török hadsereg a kurdok ellen, de ezekről a támadásokról szinte alig lelhető fel megbízható információ. A Kurd Munkáspárt (Partiya Karkerên Kurdistankurd – PKK) egyik vezetője, Ismail Özden azonban, szinte bizonyosan egy TB2-es támadásában vesztette életét Iraki Kurdistanban 2018-ban. Az eszközöket nagy szám-

ban alkalmazták (és alkalmazzák) Ciprus északi részén is, amelyet Törökország 1975 óta tart megszállva. Ebben a régióban megfigyelésre, illetve felderítésre alkalmazzák, amire ideálissá teszi a típust a kategóriájában kiemelkedő repülési magasság és repülési idő, valamint a fejlett optikai megfigyelőrendszere. [20]

Az első Bayraktarok már 2018-ban feltűntek Szíria felett, de akkoriban még nem játszottak jelentős szerepet. Tény, hogy 2019-ben legalább 1-1 gép lezuhant Szíriában és Iraki Kurdistan területén. A TB2-es nemzetközi ismertségre először Líbiában tett szert, ahol Törökország a líbiai egységkormányt egyebek mellett drónokkal is támogatta. Az egységkormányval szemben álló Líbiai Nemzeti Hadsereget Egyiptom, Izrael, az Egyesült Arab Emírségek támogatta fegyverekkel. Franciaország és nem utolsósorban Oroszország, 2019-től számos TB2-es lelövését jelentette. A drónhadviselés szempontjából kiemelkedő volt a 2020-as év, amikor már valóban százszámra vetettek be drónokat a világ számos válságzónájában. Abban az évben mind Szíriában, mind Líbiában tömegesen jelentek meg a Bayraktarok is. A harcokban legkevesebb egy tucatnyi TB2-es megsemmisült annak ellenére, hogy elsősorban megfigyelésre és felderítésre használták őket. Főleg a Líbiai Nemzeti Hadsereg jelentette számos ilyen gép lelövését, de a drónok vesz-

7. ábra. A TB2-es földi vezérlőközpontja kívülről a) és belülről b). A felvételek Cipruson készültek [21]



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

** Alezredes, PhD, repülőgép-vezető, 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

teségeire vonatkozó adatok megbízhatatlanok, hiszen első sorban a közösségi média információin alapulnak. [22]

Az említett konfliktusokban sok esetben kézfegyverekkel lőtték le az alacsonyan repülő, és valóban nem túlságosan gyors TB2-seket a felderítő missziók során, bár az eszközök akkor már megcsillantották harci képességeiket is. A líbiai harcok egyik kevésbé ismert, de nagy hatású eseménye volt a 2020. július 25-i Al Jufra légibázis elleni dróntámadás, amelyet legalább négy darab TB2-es hajtott végre. A támadás során elpusztult két, vélhetően lőszerrel és fegyverrel megrakott Iljuszin Il-76-os szállítógép, de a Líbiai Nemzeti Hadsereg egy hangárban szenvedte el legnagyobb veszteségét, ahol legalább féltucatnyi meghaltak Haftár tábornok vezérkarának tagjai közül. [23]

A 2020. ÉVI AZERI–ÖRMÉNY HÁBORÚ (NAGORNO-KARABAKH KONFLIKTUS)

A nemzetközi sajtóban Nagorno-Karabakh-nak (Hegyi-Karabah) nevezett konfliktust, Magyarországon, mint második örmény–azeri háborút ismerik. A 2020. szeptember 27. és november 10. között zajló összecsapás már egyértelműen a drónok dominanciáját hozta. Mivel Örményország akkoriban a Nyugat és az USA felé közeledő politikát folytatott, az elvileg szövetséges Oroszország csak mérsékelt lelkesedéssel támogatta, így Azerbajdzsán, amely mögött viszont hatalmas török erők álltak, elérkezettnek látta az időt, hogy revansot vegyen az 1988 és 1994 között zajló első örmény–azeri háborúért, és visszafoglalja a vitatott hovatartozású Hegyi-Karabahot.

A török haderő 2020 őszéig mindösszesen 107 darab Bayraktar TB2-es pilóta nélküli repülőgépet vett át, és ezekből – illetve felderítő és felfegyverzett változatokat, csapásmérő és elektronikaiharc-drónokat vegyesen felsorakoztatva – UAV ezredeket szervezett. (UAV ezreddel a brit haderő is rendelkezik.) [24]

A török légierő Batman támaszpontján a 14. drónezred erői átlomásoztak, köztük a Bayraktar TB2-es felfegyverzett drónok is, amelyeket az új Anka légi felderítő, elektronikus hadviselésre alkalmas drónok támogattak. Mintegy 70 darab UAV eszközből – felderítő és felfegyverzett UAV-k, illetve „öngyilkos drónok” – ezredeket szerveztek az azeri és a török haderőben. „A legfontosabb aszimmetriát – amely minden bizonnyal az azeri győzelem kulcsa volt – a modern pilóta nélküli repülőeszközök jelentették Baku kezében, illetve az, hogy Jereván nem rendelkezett olyan eszközökkel, amelyek lehetővé tették volna az ellenük való védekezést. A médiában sok visszhangot kapott török Bayraktar TB2 típusú csapásmérő UAV-k mellett a csapásmérő drónárzenál részét képezte még három izraeli gyártmányú, úgynevezett kamikaze drón⁸ is: az Elbit Sky-Striker, az IAI Harop és az IAI Mini Harpy. Ez utóbbi kifejezetten a rádiólokátorok ellen hasznos.” [25]

Azerbajdzsán hadereje, török szakértők támogatásával egy drónfegyvernemet – UCVA ezredeket – állított össze, főként a négy precíziós bomba vagy rakéta hordozására alkalmas török Bayraktar TB2-es UAV-kból, illetve izraeli gyártmányú Harop csapásmérő drónokból.

Már 2020 júliusában történt egy nagyobb szabású azeri dróntámadás az örmény haderő ellen. Az örmény légvédelem ezeket a próbálkozásokat több-kevesebb sikerrel elhárította, lelőtte az azeri drónokat, vagy semlegesítette azokat elektronikus zavaró berendezésekkel. Az azeriek azonban folyamatosan finomítottak az UAV harceljárásokon, fejlesztették az eszközrendszerét és a műveleti módszereket, és végül a 2020 szeptemberében megindított támadá-

suknál már tömegesen vetették be a török gyártmányú drónjaikat. A felfegyverzett török drónok képességeit felderítő, illetve úgynevezett „kamikaze drónok” (csapásmérő drónok), és a légvédelem felfedésére alkalmazott „csali-drónok” egészítették ki.

Hegyi-Karabahban az örmény haderő mélyen lépcsőzött védelmi rendszert épített ki, alaposan beásva magát a nehéz hegyi terepen. A konfliktus kezdeti szakaszában, amikor az időjárás feltételek miatt az azeri drónok nem tudtak felszállni, a frontvonalon nem volt jelentős elmozdulás. Amint beszálltak a küzdelembe, sorban lőtték ki az örmények légvédelmét, majd nehézfegyvereit. [26]

A háború a helyszíni beszámolók szerint sokszor emlékeztetett az első világháborúra, ahol a lövészárkok pattlyezetében a csapatok az áttörésre vártak, azonban itt azt nem a harckocsik hozták meg. Az azeriek többször is megpróbálták – elsősorban szárazföldi csapatokra építve – egy döntő áttörést kicsikarni, de az örmény védelem szilárdan kitartott. Végül az örmény harckocsizó és tüzércsapatok lassú, szisztematikus felőrlése hozta meg a sikert, amelyben ismét döntően drónokra támaszkodott az azeri hadsereg. Ebben a fázisban a TB2-eseken túl elsősorban az izraeli Harop kamikaze drónok folytattak sikeres támadásokat.

Az azeri erők a háború első óráiban, a TB2-esek aktív részvétele mellett megsemmisítették csaknem a teljes örmény légvédelmet. (Csupán a TB2-esek, igazoltan legalább két komplett Sz-300-as légvédelmi rendszert pusztítottak el.) [27] Attól kezdve az azeri légierő – elsősorban a drónok révén – többé-kevésbé szabadon ténykedhetett. Ez a lehetőség lényegében eldöntötte a konfliktus kimenetelét, bár ez a tény kezdetben még nem volt egyértelműen nyilvánvaló.

A háború első szakaszában Azerbajdzsán Antonov An-2 típusú könnyű szállító repülőgépeket alakított át drónokká, amelyeket az ellenfél légterébe vezettek „csali UAV-nak”, az örmény légvédelem aktivizálása érdekében. [28]

Az örmény légvédelem tüzet nyitott az ellenség légi eszközeire, ezzel felfedte pozícióját az azeri drónok előtt. A második lépcsőben érkező felfegyverzett azeri drónok így hatékonyan számolták fel az örmény légvédelmi állásokat. A légvédelem kiiktatásával a szárazföldi erők védtelennek váltak a légi csapásokkal szemben. Ezt követően a felfegyverzett drónok immár zavartalanul támadhatták a lövészárkokat, és megsemmisítették a szárazföldi telepítésű örmény fegyverrendszereket: a tüzérségi ütegállásokat és páncélosokat, a parancsnoki vezetési pontokat és a csapatszállító járműveket. Nem gondolhatjuk tehát azt, hogy ebben az azeri támadó műveletben ne lett volna fontos szerepe a szárazföldi haderő konvencionális kötelékeinek, és azok megerősítéseinek, illetve hogy a jelentősen erősebb hátország és gazdaság, valamint a szemben álló technikai eszközök generációs különbsége ne lett volna meghatározó. A siker záloga azonban jelentékeny mértékben a drónok tömeges, szervezett alkalmazása volt. *Örményország harckocsiból mintegy 185 darabot veszített, többségüket felfegyverzett drónok lőtték ki.* Jelentős volt a BMP páncélozott csapatszállító harcjárművekben okozott veszteség is. Emellett számos más örmény fegyverrendszer is megsemmisült. Az örmények katonai erejének több mint egyharmada veszett oda ebben a háborúban; eddig 1741 katona holttestét sikerült azonosítani, a sebesültek száma jelentős. Azeri oldalon mintegy 2800 katona halt meg és 1245 megsebesült az örményekkel 44 napon át folytatott hegyi-karabahi harcokban. [29]

A drónok hegyi-karabahi bevetése rávilágított az örmények, főként orosz gyártású légvédelmének – köztük az

Sz-300-as rendszerek – elavultságára, amely tehetetlen volt a pilóta nélküli eszközök kisebb méretével, technológiai fejlettségével és mozgékonyaságával szemben. Az orosz eredetű légvédelmi rendszerek kevésbé bizonyultak hatásosnak a drónok ellen, amelyek néhány Sz-300-as indító megsemmisítésében is szerepet játszottak. Azerbajdzsán Bayraktar TB2 típusú drónokkal semmisített meg örmény ütegállásokat, többek között 9K33 Osa (NATO-kód: SA-8 Gecko) légvédelmi rakétakomplexumokat is. Nemcsak a Bayraktar típus eredményessége bizonyosodott be, hanem az azzal együttműködésben alkalmazott kisebb drónoké is: az izraeli eredetű Harop „kamikaze drónnal” sikeresen lőtték ki örmény Sz-300-as légvédelmi komplexumokat is. Az örmény légvédelem oldaláról eredményes volt az orosz relációból beszerzett 1RL257 Krasukha-4 típusú elektronikai hadviselésben bevetett eszköz, amely a zavaráson túlmenően képes az elektronikai eszközök maradó károsítására is, maximálisan 300 km hatótávolságig. [30] Ehhez az eszközhöz 9 darab igazolt Bayraktar drón megsemmisítése köthető a hegyi-karabahi háborúban.

A szemben álló feleket támogató két állam, a NATO-tag Törökország, és az Orosz Föderáció haditechnikai eszközeinek összecsapását figyelhettük meg ebben a háborúban. A többségében török drónok tömegtámadásait próbálta kivédeni az orosz eredetű légvédelem – korlátozott sikerrel. *Az azeri győzelem okai: felfegyverzett drónok tömeges alkalmazása és a drón fegyvernem létrehozása* különböző feladatrendszerű UAV-k összehangolt, egy katonai szervezetben történő alkalmazásával.

Az örmény–azeri háborúban a klasszikus hadviselés jellemzői – az álcázás, a mélységi tagozódás, a lépcsőzetes integrált légvédelem – nem voltak képesek kompenzálni a drón fegyvernem által képviselt technikai, technológiai fölényt. *A hagyományos légvédelem csak korlátozott hatékonysággal képes a drónok érzékelésére vagy pusztítására.*

Kevésbé ismert, de az örmény haderő is alkalmazott drónokat, ezek többsége azonban csak felderítő eszköz volt. Egyedül a HRESH típusú, örmény gyártmányú kamikaze eszköz volt képes csapásmérésre, de ez technológiai szempontból jóval alacsonyabb színvonalon teljesített, mint a támadó erők hasonló eszközei. Az örmény drónokat nemcsak az azeri légvédelem tizedelte, de a Törökország által (személyzettel együtt) biztosított Koral elektronikai harcrendszer is hatékonyan blokkolta azokat. [31] Figyelemre méltó, hogy Törökország vásárolt komplett orosz Sz-300-as légvédelmi rendszert, és Belaruszon keresztül külön radarokat is, így valószínűleg jól ismerte azok működését, amit kihasználhatott a háború során. A Koral rendszer egyébként képes a TB2-esekkel történő együttműködésre, és azokat egy egységes hadszíntéri infokommunikációs rendszer részévé tenni.

Abban szinte minden szakértő egyetért, hogy a drónok száma és alkalmazásuk módja magasabb szintűvé vált. Abban azonban már megoszlanak a vélemények, hogy a harcokban mennyire jutott döntő szerep a drónoknak. Ennek megítélésére a statisztikákat hívhatjuk segítségül. Természetesen a megsemmisített örmény haditechnikai eszközökről az azeriek is kiadták a maguk közleményét, amelynek tartalma valószínűleg inkább a kinetikus háborút



8. ábra. Az Aselsan által gyártott Koral rendszer. Az újonnan fejlesztett eszközt már Irak és Marokkó is megvásárolta. Az alacsonyabb árúban lévő nagyobbik radom rejti a zavaróberendezés antennáját [32]

kísérő információs háború része, semmint a valóság. Egy független szakértői csoport is elkészítette a maga kimutatásait, amelyet a 3. táblázat foglal össze:

Egyértelmű, hogy az igazolható veszteségek háromnegyed részéért a drónok a felelősek, de ha a kozmetikázott azeri adatokhoz hasonlítjuk a drónok által igazoltan elpusztított eszközök számát, akkor is közel 50%-ról beszélhetünk. Mindenképpen elgondolkodtató, hogy a drónok a legrosszabb esetben is annyi kárt okoztak az örmény hadsereg erőiben, mint az összes szárazföldi csapat, és a hagyományos légi erők együttesen. Ez utóbbi egyébként a háború hat hete alatt összesen 600 bevétést hajtott végre, elsősorban Szuhoj Szu-25-ös gépekkel. Még meglepőbb, hogy a csöves tüzérségen túl, mindkét fél nagy számban rendelkezett rakétatüzérséggel is, ám érdemben azok hatása sem mutatkozott. [33]

Ha még jobban megvizsgáljuk az azeri dróntípusok összetételét, akkor kiderül, hogy a háborút megelőző években közel 250 darab kamikaze eszközt vásároltak Izraeltól, de közülük csak 50 darab volt Harop típusú, a többi a jóval kisebb harcértékű Orbiter és Sky-Striker típusú volt. Kérdés, hogy ezekből mennyi állt az azeriek rendelkezésére, illetve mennyit használtak fel közülük. Tény, hogy 2016-tól

3. táblázat. Az örmény haderő veszteségei a 2020-as háborúban (A szerzők szerkesztése a [40] alapján)

Megsemmisített eszköz	Azeri közlemény	Oryx – független kutatócsoport			
		drón által	egyéb	nem ismert	összesen
harckocsi	287	101	21	21	143
egyéb páncélos	69	21	6	15	42
löveg	511	212	7	14	233
páncéltörő rakéta	53	4	0	4	8
légvédelmi rakéta és ágyú	73	54	2	9	65
radar- és ECW-eszköz	22	14	0	2	16
tehergépkocsi	1267	563	39	141	743





9. ábra. A török Bayraktar TB2-es felfegyverzett drón építésénél a könnyűrepülőgép-építésben széles körben elterjedt technológiákat és fődarabokat alkalmazták, amely alacsony szinten tartotta a költségeket és lehetővé tette a tömeggyártást [35]

kezdődően Harop-ból már többet is kilőttek örmény célok ellen a háborút megelőző „villongások” során. De ha 200 darabot lőttek ki a háború során, és az mind találatot ért el (ami nyilvánvalóan elképzelhetetlen), akkor is majdnem kétszer akkora volt a fegyverhordozó drónok által elért találat. [33] Márpedig rakétahordozó UAV a Bayraktar TB2-esen kívül csak 5 darab izraeli Searcher volt az azeri hadseregben, amelyek bevetéséről nincs információ. A vázolt helyzetképből az derül ki, hogy az összes örmény veszteség legkevesebb 20-25%-áért volt felelős a TB2-es, de jóval reálisabbnak tűnik a 30-40%-os arány.

A teljes igazsághoz hozzátartozik, hogy nem tudjuk hány TB2-est vásárolt Azerbajdzsán, de az igényelt mennyiség-nél mindenképpen jóval több repült a háborúban, természetesen török személyzet által irányítva. Ezzel együtt is kijelenthető, hogy az azeri győzelem oroszánrésze egyetlen haditechnikai eszköz, a TB2-es felfegyverzett UAV-hez köthető, amely példa nélküli a hadtörténelemben, és inté a világ valamennyi hadserege számára.

Ebben a háborúban mintegy egy ezrednyi harcra vetett azeri UAV erőről beszélhetünk. Az azeriek becslése szerint 60 darab Bayraktart alkalmazhattak, ezeket egészítették ki a kisebb, könnyebb felderítő, csapásmérő típusok és néhány „csali repülőgép.”

Az alkalmazott harcjelzés az alábbiakban összegezhető:

- a különböző kategóriájú UAV-eszközöket együttműködő szervezeti elemekből álló magasabbegységbe (önálló ezred) szervezték a törökök és az azeriek;
- az olcsó UAV-k mögött bonyolult és magas szintű elektronika, informatika és rádiótechnika áll, amihez magas technológiai színvonal és szakértelem szükséges;
- koherens UAV-harcászatot dolgoztak ki előbb a törökök, majd az ő segítségükkel az azeriek, amelyet a drónezredekkel begyakoroltattak.

Az azeri-örmény háború értékelésénél célszerű figyelembe venni, hogy Örményország XX. századi színvonalú haderejét verte meg a XXI. század azeri-török-izraeli haditechnika; tehát ez a háború is rejtett magában egyfajta aszimmetriát.

(Folytatjuk)

JEGYZETEK

8 Az angolszász terminológiában az ilyen eszközöket „loitering ammunition”-nak nevezik, ahol a loitering (csavargás) arra utal, hogy ezek a drónok sokáig képesek a levegőben maradni és célt keresni, amit azután a saját becsapódásukkal semmisítenek meg.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [20] S. W. W. AFP, „Turkey delivers Bayraktar TB2 drone to northern Cyprus”, *The Defense Post*, 2019. december 16. <https://www.thedefensepost.com/2019/12/16/turkey-bayraktar-tb2-drone-cyprus/> (Letöltve: 2022. 10. 22.);
- [21] „What Is A Bayraktar?”, *Radio Free Europe/Radio Liberty*, 15:50:33Z. Elérés: 2022. 10. 22. [Online]. Letöltve: <https://www.rferl.org/a/ukraine-bayraktar-turkish-drones-explainer-conflict/31875225.html>;
- [22] „Drone Crash Database”, *Drone Wars UK*, 2010. november 25. <https://dronewars.net/drone-crash-database/> (Letöltve: 2022. 10. 22.);
- [23] „Arabian Aerospace - Libya’s deadly game of drones”, 2021. augusztus 5. <https://web.archive.org/web/20210805211752/> <https://www.arabianaerospace.aero/libya-s-deadly-game-of-drones.html> (Letöltve: 2022. 10. 22.);
- [24] „Flying High”, *Soldier Magazine*, o. 28–32, 10. 2020.;
- [25] Egeresi Z., Jójárt K., és Rác A., „Stratégiai helyzet Hegyi-Karabahnban a 2020. őszi háború után”. Védelmi tanulmányok, NKE Ludovika 2022/1. Budapest, 2022.;
- [26] Krausz J., „A 2020-as hegyi-karabahi háború bemutatása”, előadás A Haza Szolgálatában konferencia, NKE, 2021. 01. 8. [Online]. Letöltve: <https://nbi.uni-nke.hu/szakkollegium/eredmenyek/2021/>;
- [27] GDC, „Azerbaijani used TB2 drone to destroy second S-300 SAM of Armenia”, *Global Defense Corp*, 2020. 10. 11. <https://www.globaldefensecorp.com/2020/10/11/azerbaijani-used-tb2-drone-to-destroy-second-s-300-sam-of-armenia/> (Letöltve: 2022. 10. 22.);
- [28] Somogyi Z. M., „A második hegyi-karabahi háború katonai szemszögből (2.)”, *HSZ-HDR*, köt. 149, sz. 6, o. 60–76, nov. 2021, doi: 10.35926/HSZ.2021.6.5.;
- [29] Európa (RFE/RL) S., „Háborús közelkép: áldozatok ezrei és megalázott katonák”, *Szabad Európa*, 2020. 12. 4. <https://www.szabadeuropa.hu/a/hegyi-karabah-azerbajdzsan-ormenyország-hrw-megalazas-aldozatok/30983809.html> (Letöltve: 2022. 12. 12.);
- [30] Horváth J., „Az A2-AD környezet és az elektronikai hadviselés”, *Seregszemle*, köt. 15, sz. 2017/2, o. 188–196, 2017.;
- [31] „Turkey’s Electronic Warfare Capabilities: The Invisible Power Behind its UACVs”. [https://www.rusi.org](https://www.rusi.org/https://www.rusi.org) (Letöltve: 2022. 10. 22.);
- [32] „ASELSAN’dan Elektronik Harp Sistemi İhracatı”, 2021. 09. 15. <https://www.savunmasanayist.com/aselsan-elektronik-harp-sistemi-ihracati/> (Letöltve: 2022. 10. 22.);
- [33] „The Air and Missile War in Nagorno-Karabakh: Lessons for the Future of Strike and Defense”. <https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense> (Letöltve: 2022. 10. 23.);
- [34] Forrás: CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/33/Bayraktar_TB2_at_2020_Victory_Parade_in_Baku.jpg (Letöltve: 2022. 10. 23.);
- [35] Forrás: <https://www.ukrinform.net/rubric-ato/3423559-ukraine-army-uses-bayraktars-to-stop-four-enemy-columns-in-sumy-region.html> (Letöltve: 2023.1.16.).

1. ábra. ATMF típusú harckocsi elleni aknagyújtók a rendszerhez tartozó kommunikációs (RC) eszközzel [12]



Bakos Tamás*

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

A SZAKMAI TALÁLKOZÓ CÉLJA

A NATO Katonai Műszaki Kiválósági Központ (NATO Military Engineering Center of Excellence – MILENG COE 2022) Industry Day [1] kiváló alapot biztosít a NATO-szervezetek és -tagországok műszaki szakterületen dolgozó, illetve a szakirány iránt érdeklődő munkatársai számára, hogy a hasonló területen működő vállalatok, vállalkozások,

innovatív cégek, szervezetek szakembereivel találkozási megosszák egymással a tapasztalatokat, ismereteket, ötleteket, ezzel is elősegítve a termékek, szolgáltatások további fejlődését. A műszaki fejlődés – bármely szakterületet is vizsgáljuk – igen sokrétű. Mégis az ilyen rendezvények alkalmával fellelhetők és tetten érhetőek azok a trendek és tendenciák, amelyek meghatározzák a modern hadviselés közeli és távoli fejlődési irányait.

ÖSSZEFOGLALÁS: A németországi Ingolstadtban, a NATO Katonai Műszaki Kiválósági Központ minden esztendőben megrendezi a Katonai Műszaki Információs Szemináriumot. Az esemény keretén belül az „Ipar Napja” rendezvényen az érdeklődők megismerkedhetnek a különböző gyártók, fejlesztők legújabb katonai műszaki és mérnöki ágazathoz kapcsolódó termékeivel. A szerző célja, hogy néhány kiválasztott műszaki innováción keresztül felkeltse az érdeklődést mind a műszaki-technikai eszközök új generációja, mind a műszaki támogatás új lehetőségei iránt.

KULCSSZAVAK: műszaki támogatás, műszaki technika, Katonai Műszaki Kiválósági Központ, műszaki újdonságok, védelmi ipar

ABSTRACT: The Military Engineering Information Seminar is held every year in Ingolstadt, Germany, organized by the NATO Military Engineering Center of Excellence, within the framework which, on the “Industry Day”, the interested parties can familiarize themselves with the latest military technical and engineering related products of various manufacturers and developers. The author’s goal is to arouse interest in both the new generation of technical devices and the new possibilities of engineering support through a couple of technical innovations selected.

KEY WORDS: military engineer support, technical engineering, MILENG COE, engineering novelties, defense industry

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



FORCIT DEFENCE

A robbantási technológiákkal foglalkozó FORCIT Csoport tagjaként a Forcít Defence cég az 1920-as évek óta állít elő védelmi rendszereket. Az 1980-as évek óta polimer kötésű robbanóanyag (PBX – Polimer Bonded eXplosive [2]) alapú lőszereket, aknákat is gyárt. A cég termékei megfelelnek a STANAG¹ 4439-es szabvány előírásainak, amely az AOP–39 című, kapcsolódó dokumentumában határozza meg az érzéketlen lőszeret, vagyis a biztonságosan kezelhető, külső hatásokkal szemben ellenálló lőszeret követelményeit. [3]

A SENTRY HARCKOCSI ELLENI AKNARENDSZER

Az újgenerációs harckocsi elleni aknarendszer (ATM – antitank mine) alapvető jellemzője, hogy az aknamezőn belül elhelyezett aknák felett, titkosított adatkapcsolatban állnak egymással, és a távvezérlő egységgel. Az egyes aknák kialakítása és az alkalmazott robbanóanyag együttesen nagy páncéltűtő képességet biztosít az aknák számára, a belső hálózati kommunikáció ugyanakkor lehetővé teszi a terület zónákra történő felosztását, amelyek külön-külön is aktivizálhatók, élesíthetők. (2., 3. ábra)

Az eszköz ezzel a technikai megoldással komoly védelmi erőt képvisel oly módon, hogy a saját csapatok mozgását nem akadályozza. A gyártó 25 éves eltarthatósági időt garantál a rendszerre. [4]



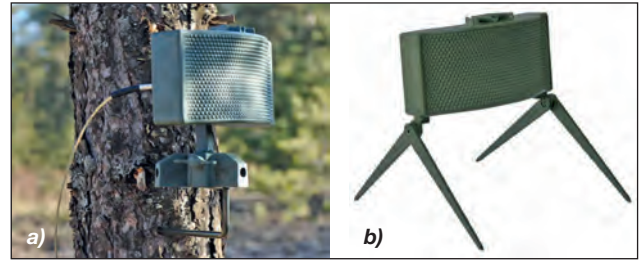
2. ábra. Sentry típusú harckocsi elleni akna, a rendszerhez tartozó távvezérlő egységgel [18]

3. ábra. Sentry típusú harckocsi elleni akna a rendszerhez tartozó távvezérlő és kommunikációs eszközökkel [18]



A HAILSTORM IRÁNYÍTOTT HATÁSÚ REPESZTÖLTET

Az új, Hailstorm típusú területvédő töltet könnyített tömeggel, és egyszerű kezelhetőséggel rendelkezik. Az aknát kétféle repesszel gyártják, az acélrepesztes változat 50 méterig, a volfrámrepesztes változat 80 méterig, 60°-os sávszögben hatásos járművek és gyalogság ellen. Az aknák felépítése, és egyéb harcászati technikai adatai mindkét típusnál megegyeznek: gyalogság ellen 100 méterig hatásos, 50 méteren 5 repesz/m² repeszűrsűrűséggel. A másodlagos veszélyzóna a telepített akna előtt 130°-os sávszögben 100 méter, az akna mögötti biztonsági távolság 15 méter.



4. ábra. Hailstorm típusú, irányított hatású repesztöltet. Fára szerelt helyzetben, indítógyutaccsal a), illetve földbe leszúrható lábakkal szerelve b) [18]

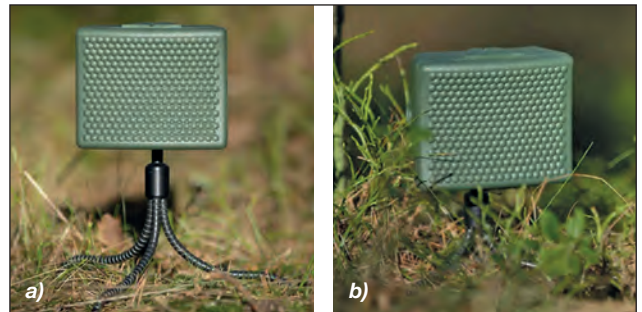
A repesztöltet fémlábakkal leszúrható a talajba, vagy konzollal falra, fára szerelhető, majd normál gyutaccsal indítható. A gyártó erre a rendszerre is 25 évig nyújt minőségi garanciát. [5] (4. ábra)

MINI HAILSTORM IRÁNYÍTOTT HATÁSÚ REPESZTÖLTET

A Hailstorm akna kisebb válfaja mindössze 900 g tömegű, de hasonlóan a nagyobb változathoz, acél-, vagy volfrámrepeszekkel készül. 30 méterig hatásos járművek és gyalogság ellen is 40°-os sávszögön belül. Gyalogság ellen 50 méterig hatásos, 30 méteren 5 repesz/m² repeszűrsűrűséggel. A másodlagos veszélyzóna a telepített akna előtt 80°-os sávszögben 50 méter, az akna mögötti biztonsági távolság 15 méter. Fém lábakkal leszúrható a talajba, vagy konzollal falra, fára szerelhető; indítása normál gyutaccsal történik. A gyártó erre a rendszerre is 25 éves alkalmazhatósági időt biztosít. [6]

A Mini Hailstorm irányított hatású repesztöltetet a gyártó a különleges műveleti erők számára optimalizálta. A kis tömeg és méret, valamint a gyors telepíthetőség a csökkentett hatótávolsággal is igen hatékonyá teszi az eszközt. (5. ábra)

5. ábra. Mini Hailstorm típusú irányított hatású repesztöltet földbe szúrható hajlékony lábakkal szerelve a) és álcázottan telepítve b) [18]



A BANGALORE BLADE ÁTJÁRÓNYÍTÓ TÖLTET

Az egységenként 1,3 kg tömegű, 500 mm hosszú, könnyen hordozható, nyújtott átjárónyitó töltetek egymáshoz kapcsolhatók, és ezzel a technikai megoldással betolhatók a robbantandó területre. Az eszköz vágásra és rombolásra is alkalmazható, extrém hőmérsékleti körülmények között (-46 – +71 °C) is biztonságos kezelhetőséggel. A gyártó adatai szerint képes gyorstelepítésű dróttakadályon 10 méter széles átjáró nyitására, illetve gyalogsági aknamezőn 3 méteres szélességben az aknák megsemmisítésére.

A robbanótöltet, kialakított formájának köszönhetően alacsony robbanóanyag-mennyiség mellett is hatékony, miközben ezzel a megoldással minimalizálták az alkalmazás közbeni repeszhatást. [7] (6., 7. ábra)



6. ábra. Bangalore Blade átjárónyitó nyújtott töltet [18]



7. ábra. Bangalore Blade átjárónyitó nyújtott töltet több egysége összekapcsolható a csatlakoztató elemek segítségével [18]

A PENO PLASZTIKUS ROBBANÓANYAG

A Peno kifejezetten katonai robbantási feladatokra kifejlesztett, magas hatóerejű robbanóanyag, 85%-os nitropenta (Pentaerythritol tetranitrate – PENT, TEN) és 15%-os kötőanyag tartalommal. [19] A robbanóanyag detonációsebessége 7500–8000 m/s. Vágásra, rombolásra, precíziós robbantásokhoz, valamint idomtöltet készítéséhez használható robbanóanyag, akár víz alatti robbantási feladatokra is alkalmas. Könnyen formálható, így a gyártó aknamentéshez, tűzszerezés (Explosive Ordnance Disposal – EOD) és rögtönzött robbanóeszköz-mentesítési (Improvised Explosive Device Disposal – IEDD) [20] feladatokhoz is javasolja alkalmazását. Szélsőséges hőmérsékleti viszonyok között is megőrzi formázhatóságát, -46 °C-on nem mor-



8. ábra. Peno plasztikus robbanóanyag 250 grammos kiszerelésben a) és acélprofil robbantásához előkészítve b) [18]

zolódik, +71 °C-on nem válik ragacsossá. A robbanóanyag alapkiszerelése 250 g/csomag, fa-, vagy műanyag ládában szállítva. Szavatossági ideje 10 év. [8] (8. ábra)

A VESUVIUS PÁNCÉLTÖRŐ TÖLTET

A Vesuvius egy robbanással formált lövedék (Explosive Formed Penetrator – EFP) elvén működő páncéltörő töltet (9. ábra), amely páncélozott járművek, és harckocsik ellen



9. ábra. Vesuvius páncéltörő töltet talajba szúrható lábakkal szerelve [18]



alkalmazható. A gyártó szerint jelenleg ez az egyetlen töltet, amely a biztonságos kezelhetőség, és a működés szempontjából is megfelel a már korábban említett STANAG 4439 szabvány előírásainak. A detonáció során rézlevedék képződik, amely 50 méter távolságból, 50 mm-es páncéllemez átütésére képes. [9]

A RAIKKA OY

Az 1946-ban alapított Raikka Oy finn cég fő tevékenységi köre a robbanóanyag-gyártás, valamint olyan kis és közepes méretű, sorozatgyártásban készíthető termékek előállítására, amelyek a robbanóanyagok felhasználásában és a védelmi iparban alkalmazhatók. Az 1970-es évektől kezdtek a fegyveres erők számára is robbanóanyag tartalmú termékeket, robbantási eszközöket gyártani, majd 1978-tól a cég profilja teljes egészében a fegyveres erők kiszolgálására váltott. [10]

Az ATMF (ANTI TANK MINE FUZE) HARCKOCSI ELLENI AKNAGYÚJTÓ

A gyújtót a TM-62-es és TM-72-es sorozatú harckocsi elleni aknákkal történő alkalmazásra tervezték, de a gyártási folyamat során a gyújtó könnyen átalakítható más, első generációs, nyomásra működő aknával történő alkalmazásra.

Az ATMF típusú gyújtó rendelkezik egy kis tömegű, saját robbanótöltettel is, amely indításkor megtisztítja az akna feletti területet, és átüti a páncéllemez. Ezzel az alap TM akna hatásfoka jelentősen megnő.

Telepítéskor a gyújtót a TM-62/TM-72 típusú akna menetes gyújtófészkebe kell csavarni, majd a biztosítókár feloldásával, a gyújtó éles helyzetbe állítható. A biztonságos telepítést segíti egy tájékoztató LED-fény – amely mutatja a deaktivált, késleltetett élesítést, illetve a késleltetett élesítés utolsó percét –, valamint egy önsemlegesítési állapotot mutató indikátor. Élesített helyzetben a LED-fény kialszik.

Az ATMF típusú gyújtó esetében kombinált szeizmikus, elektromágneses és nyomásérzékelőket alkalmaznak a célpont azonosítása és az optimális robbanási pillanat kiválasztása érdekében. Indításkor az első töltet eltávolítja a talajréteget az akna felől, a második töltet EFP-t formázva

10. ábra. ATMF típusú harckocsi elleni aknagyújtó TM-62 típusú harckocsi elleni aknába szerelve [11]



11. ábra. ATMF harckocsi elleni aknagyújtó (Forrás: a szerző szerkesztése a [11] alapján)

átüti a páncéllemez, majd azt követően a detonátor indítja a TM akna főtöltetét.

Tulajdonságai:

- a páncélozott járművek teljes szélességében (tehát lánctalp/kerék és haspáncél alatt is) alkalmazható;
- 75 mm-es páncélátütési képesség;
- földfelszíni és földfelszín alatti telepítésre is alkalmas;
- a késleltetett élesítés biztonságos telepítést tesz lehetővé;
- programozható üzemidővel rendelkezik;
- az üzemidő lejáta után megbízhatóan kikapcsol, hatastanítja magát;
- ellenáll a közeli robbanások, az erős elektromágneses tér, az aknataposó henger hatásainak;
- nem ad robbanási parancsot impulzusos aknakereső műszer észlelésekor.

A gyújtóhoz tartozik egy DEPROG 62 elnevezésű eszköz, amellyel – a telepítés után – közelről kezelhető az aknagyújtó. A speciális műszer képes meghatározni az akna helyét, aktuális állapotát, segítségével lehetséges az aknagyújtó átprogramozása, aktiválása, deaktiválása. [11] (10., 11. ábra)

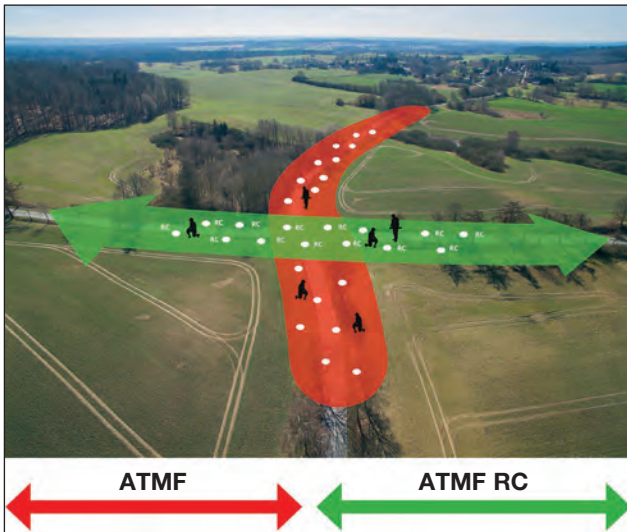
Az ATMF RC HARCKOCSI ELLENI AKNAGYÚJTÓ

Az ATMF RC harckocsi elleni aknagyújtó működésében, felépítésében szinte teljesen megegyezik az ATMF aknagyújtóval, de távirányítható funkcióval is rendelkezik. A távirányító eszközzel akár 1500 méteres távolságból is végrehajtható az aknagyújtó átprogramozása, aktiválása, deaktiválása. Az eszköz képes az egyes aknák helyének – GPS-koordinátáinak – lekérdezésére és aktuális státuszuk meghatározására.

Mivel aknacsoportokat is képes kezelni, így a saját csapatok mozgásának támogatása, és az ellenséges erők mozgásának akadályozása az ún. aknasorompók alkalmazásával gyorsan és biztonságosan megoldható. [12] (1., 12. ábra)

A KENNO TECH

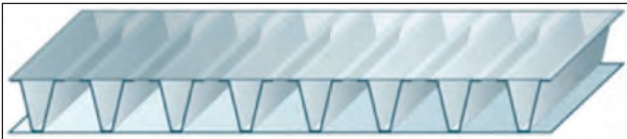
A Kenno Tech egy lézerhegesztésre, illetve azzal kapcsolatos tanácsadásra, gyártásra és egyéb szolgáltatásokra specializálódott finn cég. Együttműködésük a fegyveres



12. ábra. ATMF és ATMF RC típusú harckocsi elleni aknagyújtók vegyes alkalmazása [12]

erőkkel már több mint 20 évre nyúlik vissza. Különösen a nagy szakitószilárdságú acélelemek gyártásában és lézerhegesztésében szereztek jelentős tapasztalatot. [13]

Specialitásuk olyan acél szendvicselemek gyártása, amelyeknél minimális fémhasználattal, nagy szilárdság/tömeg arány érhető el. A szendvicsszerkezet két felületi lemezből áll, amelyeket magbordák kötnek össze. (13. ábra)



13. ábra. Szendvicsszerkezet felépítése, V típusú magbordákkal [14]

A szendvicselemek megfelelő szilárdsága és védelmi hatékonysága a felületi lemezek és a magbordák anyagvastagságának, azok anyagának és a magprofil típusának megválasztásával alakítható ki. A magborda alakja erősen befolyásolja a szendvicselem szilárdságát és merevségét. A tipikus magbordaprofilok lehetnek V, Z, U alakúak, vagy függőleges I maelemek, illetve cső alakú magok (O-mag). [14]

14. ábra. Balpro Protector elemek szállítási helyzetben a), illetve az elemekből készített zárt óvóhely b) [15]



A BALPRO® PROTECTOR ELEMRENDSZER

A Balpro Protector elemrendszer erődítésben, táborvédelemben alkalmazható moduláris, gyorsan, rugalmasan felépíthető struktúra. Egy készlet 7 db, 2440×6000 mm méretű, 200 mm vastagságú, lézerhegesztett acél szendvicselemből álló alkotórészt tartalmaz. A készlet szállítási helyzetben egy ISO 20 lábas tengeri konténer méreteinek felel meg. (14.a ábra)

A többféle rögzítési módot tekintve a következő építmények kialakítására alkalmas:

- 42 m hosszúságban, 2,44 m magas védőfal, amelybe ajtóval rendelkező elemek is beépíthetők; a telepített falelemek a szendvicsszerkezetnek köszönhetően megtölthetők homokkal vagy kavicsal, így a védőképesség tovább növelhető; (15. ábra)
- 5×6 m belső méretű, 2,44 m belső magasságú zárt óvóhely; (14.b ábra)
- őrtornyok, emelt tüzelőállások;
- mozgásakadályozó építmények;
- garázs, raktár, beállóöböl;
- ellenőrző-áteresztő pontelemek;
- biztonsági folyosók;
- árvízvédekezési építmények.



15. ábra. Balpro Protector elemek falként történő alkalmazása [15]

A 2440×6000 mm-es elemek mellett 2440×3000 mm-es elemeket is gyártanak, így lehetőség nyílik 3 méter magas védőfal, vagy 3 méter belmagasságú óvóhely kialakítására is.

Egy készlet telepítése két óra alatt végrehajtható, amely akár 3 fős kezelőszeméllyel és egy emelőberendezéssel (daru, homlokrakodó) is megoldható. A visszatelepítés hasonlóan gyors és visszamaradó hulladék mentes.

A rendszer nagy előnye, hogy a telepítés és visszatelepítés nem igényel speciális szerszámokat, így annak fogásai, munkafolyamatai rövid kiképzés alatt könnyen elsajátíthatók. [15]

A BALPRO® KONTÉNER

A Balpro konténer, méreteit tekintve egy normál 20 lábás tengeri szállító konténernek felel meg. Egyik végén teljes szélességű dupla ajtóval, a másik végén két kisebb nyílással rendelkezik a híradó-, az informatikai és az elektromos betáplálás, valamint a szellőztető rendszerek csatlakozása érdekében.

A ballisztikus védelemmel ellátott, hegesztett acélkonténer, a szendvics technológiának köszönhetően igen magas védelmi képességgel rendelkezik. A belső felület fafurnér borítást kapott, míg a belső sínrendszer a berendezési tárgyak rögzítésére szolgál. A gyártó, igény szerint egyedi belső kialakítást is tervez és gyárt. A konténer saját tömege – belső berendezések nélkül – 6900 kg. [16] (16. ábra)



16. ábra. Balpro konténer szállítási helyzetben [16]

A BALPRO® HIDRAULIKUS KAPUELEM ÉS SOROMPÓ

A Balpro hidraulikus kapuelem és sorompó egy komplett készletet képez, amely gumikerekes gépjárművek megállítására használható. Alkalmazható az előzőekben bemutatott Balpro® Protector elemrendszerrel együtt, védett táboroként, illetve ideiglenes ellenőrző-áteresztő pont telepítésénél is. Mivel a berendezés komplett egységet alkot, így a telepítés helyének gyors előkészítése, vízszintezése után a sík területre néhány perc alatt telepíthető, és azonnal működőképés. [17]

Tulajdonságai:

- nyitási és zárási idő 5 másodperc;
- működtetése elektromos meghajtású hidraulika-rendszerrel történik;
- a hidraulikus szivattyút egy villanymotor hajtja, amely akkumulátorról vagy normál elektromos hálózatról

17. ábra. Balpro hidraulikus kapuelem védelmi üzemmódban [17]



18. ábra. A Balpro hidraulikus kapuelem, zárt állapotban biztosítja a normál gumikerekes járművek áthaladását [17]

- (~220 V) is üzemeltethető, az akkumulátor az elektromos hálózatról tölthető;
- az akkumulátor, teljes feltöltöttség esetén kb. 300 nyitás/zárás végrehajtását biztosítja optimális éghajlati viszonyok között;
- a kapu kézi erővel is működtethető;
- az elem tömege 1800 kg, méretei: 2440×6000 mm;
- a kapu sorompó elemének szélessége 4500 mm, magassága nyitva – azaz védelmi üzemmódban – 800 mm. (17., 18. ábra)

ÖSSZEĞEZÉS

Magyar Honvédség Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében történő transzformációja, és a műszaki szakterület beszerzési célkitűzései még nem nyilvánosak, ezért a publikáció a termékismertető kiadványok információira támaszkodva vázolja fel az új nemzetközi technológiai megoldások lehetőségeit. A tanulmány az egyes szakterületeken tevékenykedők számára is lehetőséget kínál a nemzetközi trendek megismerésére.

Az „Ipar Napja” rendezvényen megjelenő és bemutatkozó gyártók és szolgáltató cégek termékpalaájája rendkívül sokrétű. A jelen tanulmány néhány, a katonai műszaki szakterületen alkalmazható, közvetlen harctámogató feladatokhoz használatos eszközt mutatott be. Ezeken kívül a mérnöki munkát támogató szoftverek és technikai eszközök, a biztonságos munkát támogató védelmi elemek, robotok, speciális szerszámok is jelentős számban bemutatkoztak a kiállításon. A tanulmány következő részében ez utóbbiak közül ismertetünk néhány műszert és berendezést.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] NATO MILENG COE – NATO Military Engineering Centre of Excellence – NATO Katonai Műszaki Kiválósági Központ. <http://www.milengcoe.org>;
- [2] Lukács László. A robbanóanyagok kialakulásának rövid története, Műszaki Katonai Közöny 1–4: pp. 17–26., 2008.;
- [3] „About – Forcít Defence International” Forcít Defence, letöltés: 2023.01.28., <https://forcitdefence.com/about/>;
- [4] „Sentry ATM system brochure” Forcít Group, letöltés: 2023.01.28., <https://forcitgroup.com/app/>

- uploads/sites/18/2020/09/forcit-sentry-brochure-folded-A3-17092019-email.pdf;
- [5] „Hailstorm brochure” Forcit Group, letöltés: 2023.01.28., <https://forcitgroup.com/app/uploads/sites/18/2020/09/forcit-hailstorm-brochure-folded-A3-17092019-email.pdf>;
- [6] „Mini Hailstorm brochure” Forcit Group, letöltés: 2023.01.28., <https://forcitgroup.com/app/uploads/sites/18/2020/09/forcit-mini-hailstorm-brochure-folded-A3-17092019-email.pdf>;
- [7] „Bangalore blade brochure” Forcit Group, letöltés: 2023.01.28., <https://forcitgroup.com/app/uploads/sites/18/2020/09/forcit-bangalore-blade-brochure-folded-A3-25062020-email.pdf>;
- [8] „PENO plastic explosive” Forcit Group, letöltés: 2023.01.28., <https://forcitdefence.com/product/peno-plastic-explosive/>;
- [9] „Vesuvius AAC” Forcit Group, letöltés: 2023.01.28., <https://forcitdefence.com/product/vesuvius-aac/>;
- [10] „Raikka home” Raikka Oy, letöltés: 2023.01.31., <http://raikka.fi/rajahdetehdas/>;
- [11] „Anti-Tank Mine Fuze” Raikka Oy, letöltés: 2023.01.31., <http://raikka.fi/rajahdetehdas/anti-tank-mine-fuze/>;
- [12] „Anti-Tank Mine Fuze” Raikka Oy, letöltés: 2023.01.31., <http://raikka.fi/rajahdetehdas/anti-tank-mine-fuze-and-anti-tanki-mine-fuze-rc/>;
- [13] „Kenno Tech” Kenno Tech, letöltés 2023.02.01., <https://www.kennotech.fi/en/kenno-tech/>;
- [14] „What is the sandwich structure?” Kenno Tech, letöltés 2023.02.01., <https://www.kennotech.fi/en/services/laserhitsatut-kerroslevyvt/>;
- [15] „Balpro® Protector element system” Kenno Tech, letöltés 2023.02.01., <https://www.kenno-shield.com/balpro/force-protection-balpro-products/balpro-protector-element-system/>;
- [16] „Balpro® Container” Kenno Tech, letöltés 2023.02.01., <https://www.kenno-shield.com/balpro/force-protection-balpro-products/balpro-container/>;
- [17] „Balpro® Hydraulic Road Barrier” Kenno Tech, letöltés 2023.02.01., <https://www.kenno-shield.com/balpro/force-protection-balpro-products/balpro-hydraulic-road-barrier/> (Letöltve: 2023.02.11.);
- [18] Forrás: <https://forcitgroup.com> (Letöltve: 2023.02.11.);
- [19] Dr. Daruka Norbert: A jövő háborúi az improvizált robbanószerkezetek alkalmazásának tekintetében, Sereg Szemle XVI. évfolyam, 2. szám, 2018. április-június (HU ISSN 2060-3924), pp.: 07–22.;
- [20] Daruka Norbert – Dr. Kovács Zoltán: IEED - Improvised Explosive Device Disposal, (Improvizált robbanószerkezetek szakszerű kezelése) International Conference on Military Technologies – ICMT 2013, Brno 2013. május 22–24., – 383–390. o., ISBN 978-80-7231-917-6.

JEGYZETEK

- 1 STANAG – Standardization Agreement for procedures and systems and equipment components. A NATO Egységesítési Egyezményei.
- 2 International Organization for Standardization (ISO) – Nemzetközi Szabványügyi Szervezet

Balajti István

A radar Haditechnika fiataloknak sorozat

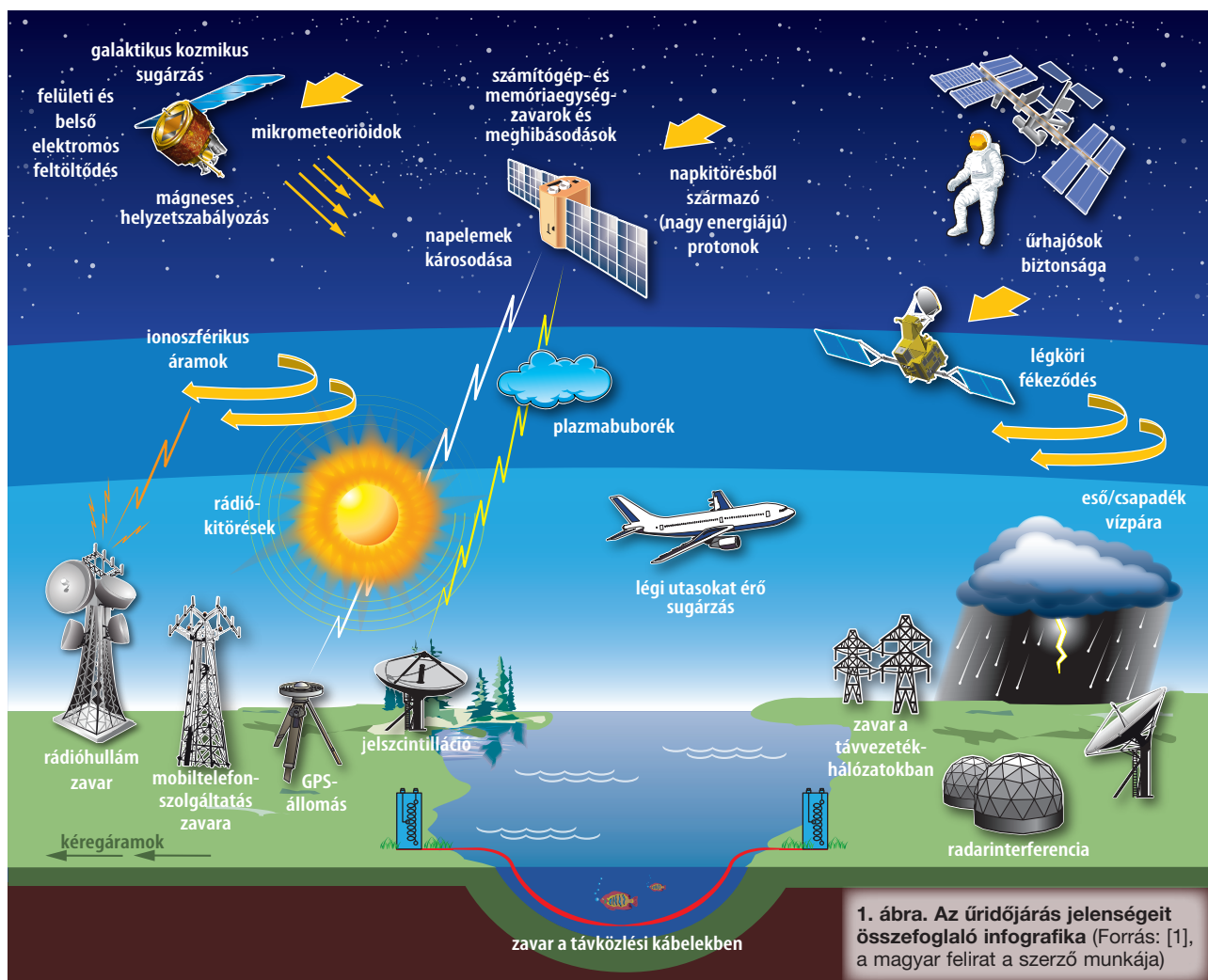
A katonai hivatás népszerűsítése, valamint a haditechnikai eszközök történetének, műszaki paramétereinek és alkalmazási lehetőségeinek bemutatása érdekében a Zrínyi Kiadó 2020-ban könyvsorozat indított *Haditechnika fiataloknak* címmel. Dr. Balajti István kandidátus, *A radar* című kötetében a légvédelmi lokátorok bemutatására vállalkozott.

Magyarország magas hegyekkel körülvett medencei elhelyezkedése sajátos követelményeket támaszt a légtérelen-őrző rádiólokátorokkal szemben, mivel a hegyek korlátozzák a repülőeszközök detektálhatóságát, intenzívebbé teszik a környezeti passzív zavarokat és interferencia-jelenségeket. A technológia fejlődése szüntelenül újabb és újabb kihívások elé állítja a szakembereket: a lopakodó repülőeszközök, a hiperszonikus fegyverek, az alacsony Föld körüli pályán keringő műholdak időben történő észlelése és követése nem egyszerű feladat. A harc sikeres megvívása érdekében, a honvédség szakembereinek folyamatosan információval kell rendelkezniük a környezetünkben végbenemő változásokról. A radarok feladata az elektromágneses térben bekövetkező változások gyors észlelése, értékelése, az adatok továbbítása a szükséges ellentévesítés megvalósítása érdekében.

Dr. Balajti István a radarok roppant bonyolult világát közérthető nyelven mutatja be a fiatal korosztályok számára. Cseppet sem könnyű feladatra vállalkozott a neves szakember, hiszen már a kötet belső borítóján megismerkedhetünk a néhány számjegyből és tucatnyi latin, valamint görög betűből álló, egyszerűsített radaregyenlettel – amely nem tűnik egyszerűnek. A szerző jó pedagógiai érzékeléssel mégis megnyeri az olvasót, és az alapismeretektől indulva, figyelmet lebilincselő módon egyre bővíti tudásunkat. Az elektromágneses spektrum bemutatása után a radarok működésének alapjait magyarázza el. Közben szinte észrevétlenül megismerkedhetünk olyan fogalmakkal, mint a határos radarkeresztmetszet, radarholográfia, kvantumradar vagy réskitöltő radar. A technikai fejlődés állomásainak bemutatása után bővebb ismereteket kaphatunk a radarokat felépítő legfontosabb egységekről, a radarok felbontóképességéről és területapogatósi módszereiről. Az ismeretátadás fókuszában a Magyarország által újonnan beszerzett, legkorszerűbb ELM 2084 típusú, többfunkciós mobil radar áll.

A Zrínyi Kiadónál 2021-ben megjelent, puhafedelű kötet terjedelme 72 oldal. 2500 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, illetve közvetlenül a Zrínyi Kiadótól helyszíni kedvezménnyel 1875 Ft-ért. Cím: 1024 Budapest, Fillér utca 14., (tel.: 06 30 388 4034, e-mail: ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu, továbbá megrendelhető a shop.hmzrinyi.hu weboldalon is. (DRU.)





1. ábra. Az űridőjárás jelenségeit összefoglaló infografika (Forrás: [1], a magyar felirat a szerző munkája)

Kis Árpád*

A geomágneses viharok anatómiája és következményeik

BEVEZETÉS

A Föld mágneses bolygó, vagyis olyan égitest, amely saját kiterjedt mágneses térrel rendelkezik, amelyet magnetosz-

férának nevezünk. [2] Ez a kiterjedt mágneses tér megakadályozza, hogy a Naptól érkező űridőjárás hatásai (mint pl. a napszél) közvetlenül elérjék a Földet, vagyis egyfajta védőpajzsként viselkedik. Ugyanakkor a földi magnetoszféra

ÖSSZEFOGLALÁS: A tanulmány részletesen bemutatja a geomágneses vihar keletkezési folyamatát és fő fázisait. A szerző ismerteti a skálázási lehetőséget – amely az „enyhe” (G1) fokozattól a „rendkívüli” (G5) fokozatig terjed –, illetve a geomágneses vihar lehetséges következményeit. Vizsgálja a geomágneses vihar esetén kialakuló kéregáramok keletkezési mechanizmusát, és a jelenség által okozott veszélyeket. Végül áttekintést ad néhány történelmi jelentőségű geomágneses viharról, és bemutatja az azok kapcsán megfigyelt jelenségeket.

ABSTRACT: The study presents in detail the course of the geomagnetic storm, its main phases, and the possibility of scaling, and also highlights the possible consequences of the geomagnetic storm. It examines the mechanism of generation of crustal currents in the event of a geomagnetic storm and the dangers they cause. Finally, it provides an overview of some historically significant geomagnetic storms and presents the phenomena observed in connection with them.

KULCSSZAVAK: űridőjárás, geomágneses viharok, koronaanyag-kidobódás, flar, kéregáramok

KEY WORDS: Space Weather, geomagnetic storms, coronal mass ejection, flare, Geomagnetically Induced Currents, Geomagnetically Induced Currents

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

érzékenyen reagál az űrből érkező hatásokra, amelyek megváltoztathatják a szerkezetét és a kiterjedését. A Föld mágneses terének hirtelen történő és nagyarányú megváltozását, megváltozását geomágneses viharoknak nevezzük. [3] A geomágneses vihar kiváltó oka, forrása központi csillagunk, a Nap felszínén lejátszódó folyamatokban keresendő, mint amilyen pl. a koronaanyag-kidobódás (coronal mass ejection – CME).

Egy geomágneses vihar alkalmával a földi mágneses tér megváltozása átmeneti jellegű, vagyis egy bizonyos idő elteltével a földi mágneses tér visszatér a „normál” állapotába, abba az állapotba, amelyben a vihar kitörése előtt volt.

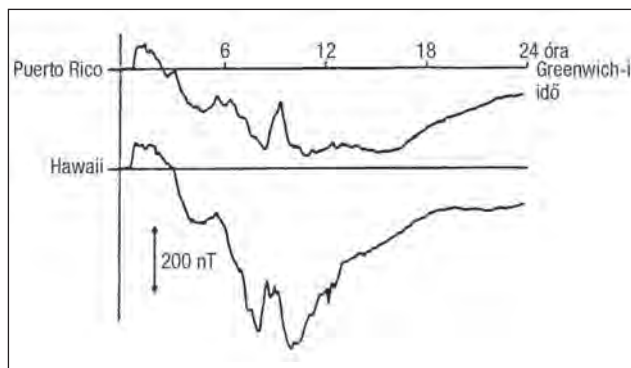
A GEOMÁGNESES VIHAR KIALAKULÁSA ÉS FÁZISAI

Egy geomágneses vihar kezdetét általában az a jelenség jelzi, amikor a CME következtében kilökött anyagfelhő eléri a Földet. Az érkező anyag sűrűsége és sebessége is általában jelentősen nagyobb mértékű, mint a napszélé. Ezért fokozott nyomást fejt ki a földi magnetoszférára, és összenyomja azt a Nap felőli oldalon, pontosabban azon a részen, ahol az anyagfelhő eléri a földi magnetoszférát. Ha ezt a folyamatot egy földi telepítésű mágneses műszerrel megfigyeljük, akkor azt látjuk, hogy a geomágneses vihar kezdetén hirtelen megugrik, megnövekszik a földi mágneses tér értéke, vagyis egy kis csúcs (20–50 nT növekedés) jelenik meg a mágneses adatokban. Ezt a jelenséget „viharszerű hirtelen kezdetnek” (sudden storm commencement – SSC) [3] nevezik, amely a vihar kezdetét jelzi, és a geomágneses vihar első fázisa. (2. ábra.)

A második fázisban – amely a geomágneses vihar fő fázisa –, a mágneses tér értékének gyors ütemű, és számottevő (általában 50 nT-át meghaladó) csökkenése figyelhető meg. Ennek oka, hogy a geomágneses viharok esetén kialakuló és felerősödő úgynevezett gyűrűáram a földi mágneses tér ellenében hat, ezáltal csökkenti azt. A fő fázisra jellemző, hogy általában 2–8 órán keresztül tart, de nagyobb viharok esetén időtartama a 24 órát is meghaladhatja. A geomágneses vihar nagysága a csökkenésértékekkel jellemezhető. Az 50 és 100 nT közötti csökkenés általában közepes vihart, a 100 és 250 nT közötti csökkenés erős/intenzív vihart, míg a 250 nT-át meghaladó csökkenés „szupervihart” jelent.

Érdemes megjegyezni, hogy a földi mágneses tér értéke a földfelszínen mérve nagyságrendileg az Egyenlítőtől a sarkokig 30 000 nT és 65 000–70 000 nT közötti értékű (a legnagyobb érték a sarkok környékén mérhető). Ehhez

2. ábra. Egy geomágneses vihar regisztrátuma a Föld két különböző pontjáról (Puerto Ricoról és Hawaiiról) történt megfigyelés nyomán [3]



képezt a geomágneses viharok által okozott változás a normál értékhez képest ezrelékekben, extrém esetben százalékokban mérhető, azonban hatásuk jelentős lehet.

A fő fázis elmúltával a földi mágneses tér értéke lassan visszaáll az eredeti állapotra. Ezt a jelenséget helyreállási vagy elmúlási fázisnak (recovery phase) nevezzük. Ez a leghosszabb szakasz, időtartama 8 órától több napig is terjedhet, amíg a csendes időszakra jellemző érték lassan visszaáll.

Megjegyezzük, hogy nincs minden viharok fő fázisa, és az is megtörténhet, hogy az SSC-t nem követi mágneses vihar.

A GEOMÁGNESES VIHAROK OSZTÁLYOZÁSA, INDEXEK

Amikor a geomágneses vihar erősségéről beszélünk, szükségessé válik egy viszonyítási alap, egy viszonyítási rendszer és annak meghatározása, hogy pontosan mit is nevezünk „erősnek”. A National Oceanic And Atmospheric Administration – NOAA¹ úgynevezett „űridőjárási esemény osztályokat” [4] vezetett be. Az osztályozás célja, hogy megkönnyítse a tájékozódást az űridőjárás jelenségeivel és hatásaival kapcsolatban, illetve könnyen átlátható összefoglalást adjon a jelenség erőssége és a várható hatások között. Az osztályozás tartalmaz továbbá egy statisztikai várható értéket is az esemény bekövetkezésének lehetőségéről, amely nyilvánvalóan nem jóslást jelent, hanem mindössze az eddig észlelt események statisztikáját mutatja be.

Az osztályozás (1. táblázat) alkalmas arra, hogy pontosan definiálja a geomágneses vihar erősségét, amely a skálán az „enyhe” (G1) fokozattól a „rendkívüli” (G5) fokozatig terjed. Az egyes fokozatokat nem véletlenszerűen állapították meg, hanem szorosan hozzárendelték a konkrétan mérhető, geomágneses aktivitást kifejező Kp-indexhez², amely a geomágneses háborgatottság mértékének megállapítására szolgál. Ennek értelmében a G1 fokozat Kp = 5 értékeknek, míg a G5 fokozat a Kp = 9 értékek felel meg. Ebből következik, hogy a Kp = 4 értéken, és alatta nem beszélünk geomágneses viharról.

Érdemes figyelembe venni, hogy a Kp és a G értékek közötti megfeleltetés mérhető és egzakt, azonban a „hatás” és „gyakoriság” oszlopban leírtak inkább egy általános becslés és valószínűség kifejezésére szolgálnak, amit kellő óvatossággal és fenntartással érdemes kezelni. Egy geomágneses vihar alkalmával létrejövő hatások sok egyéb paramétertől (mint pl. a napszak és a helyi adottságok) is függenek, ezért mindezekre – globális paraméterek alapján – nagyon nehéz pontos becslést adni.

Ugyanakkor a táblázat tartalma alkalmas arra, hogy átfogó képet adjon a geomágneses viharok erősségéről, hatásairól és gyakoriságáról, és jól szolgálja az általános tájékozódást. Érdemes lenne egy hasonló, Magyarország helyi adottságaira és a helyben mért adatokra alapozott hazai skálázás kidolgozása és szabványszerű alkalmazása.

A GEOMÁGNESES VIHAR KÖVETKEZMÉNYE: A GEOMÁGNESESEN INDUKÁLT ÁRAMOK

Középiskolai tanulmányainkból tudjuk, hogy a változó mágneses tér hatására elektromos tér jön létre; ezt a jelenséget nevezzük elektromágneses indukciónak. Ezen a jelenségen alapul a generátorok működése is, ezért a jelenséget dinamóelvnek is szokás hívni. Az indukált elektromos tér töltésmozgást idéz elő, és amennyiben ez egy vezetőben történik, akkor áram jön létre, vagyis áram indukálódik a vezetőben.

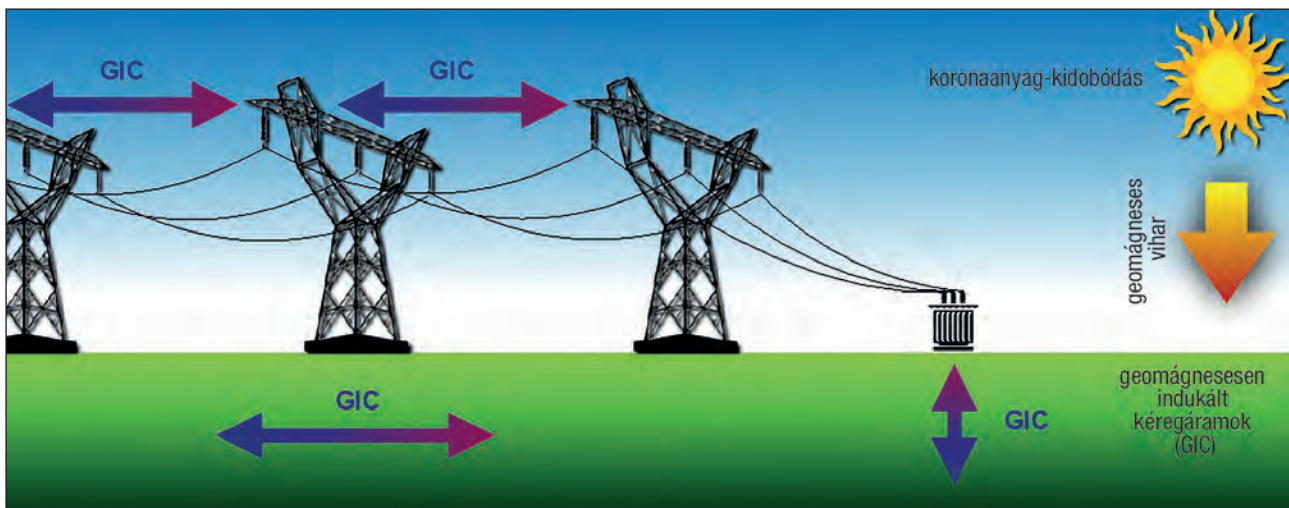


1. táblázat. A geomágneses viharok NOAA által bevezetett és alkalmazott besorolása, a fokozatok leírása, hatásai és gyakoriságuk (A szerző szerkesztése a [4] alapján)

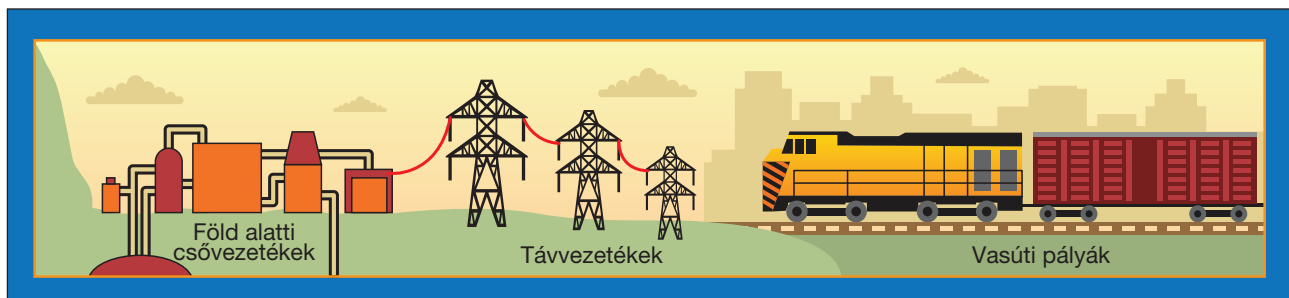
Besorolás	Leírás	Hatás	Gyakoriság
G1	Enyhe	Energiaellátó rendszerek: gyenge áramingadozások fordulhatnak elő. Űrtevékenység: lehetséges kisebb mértékű hatás a műholdműveletekre vonatkozóan. Egyéb rendszerek és hatások: a vándorló állapotok tájékozódását negatívan befolyásolja egy ilyen erősségű geomágneses vihar; erősebb geomágneses vihar esetén a hatás értelemszerűen még erősebb. Az északi fény jellemzően magas szélességi fokokon látható (pl. Michigan és Maine északi részének magasságában).	1700 esemény egy napciklus alatt, ciklusonként 900 napon át.
G2	Mérsékelt	Energiaellátó rendszerek: a magas szélességi fokon található elektromos hálózatoknál feszültségriasztások léphetnek fel, a hosszan tartó viharok a transzformátorok károsodását okozhatják. Űrtevékenység: szükségessé válhat a földi irányítás korrekciós intézkedése, a fékeződés változása befolyásolhatja a pályá-előrejelzéseket. Egyéb rendszerek és hatások: a HF-tartományú rádiókommunikáció zavara a magasabb szélességi fokokon lehetséges, az északi fény New Yorkban és Idahóban is megfigyelhetővé válik (jellemzően 55°-os geomágneses szélesség környékén).	600 esemény egy napciklus alatt, ciklusonként 360 napon át.
G3	Erős	Energiaellátó rendszerek: feszültségkorrekcióra lehet szükség, egyes védelmi eszközök téves riasztásokat jelezhetnek. Űrtevékenység: felszíni elektromos feltöltődés fordulhat elő a műholdak alkatrészein, a fékeződés növekedhet az alacsony Föld körüli pályán lévő műholdakon, és korrekciókra lehet szükség az orientációban fellépő problémák miatt. Egyéb rendszerek és hatások: időszakos műholdas navigációs és alacsony frekvenciájú rádió navigációs problémák léphetnek fel, a HF-rádió kommunikációban zavar keletkezése valószínű. Az északi fény olyan alacsony szélességi fokokon is megjelenhet, mint Illinois és Oregon (jellemzően az 50°-os geomágneses szélességen).	200 esemény egy napciklus alatt, ciklusonként 130 napon át.
G4	Komoly	Energiaellátó rendszerek: széles körben fellépő feszültség-ingadozási problémák léphetnek fel, és előfordulhat, hogy a védelmi rendszerek kulcsfontosságú eszközöket iktatnak ki a hálózatból. Űrtevékenység: felszíni elektromos feltöltődés léphet fel, problémák a követésben. Orientációs problémák esetén korrekció válik szükségessé. Egyéb rendszerek és hatások: a keletkező indukált áramok rácsatolódnak a fém csővezetésekre, és megzavarhatják azok működését. A HF rádió kommunikáció megszakadhat, szaggatottá válhat. A műholdas navigáció órákon át megbízhatatlanná válhat. Megszakadhat az alacsony frekvenciájú rádió kommunikáció. Az északi fény megjelenése Alabama és Észak-Kalifornia magasságában, jellemzően a 45°-os geomágneses szélesség környékén (itt található Magyarország is).	100 esemény egy napciklus alatt, ciklusonként 60 napon át.
G5	Rendkívüli	Energiaellátó rendszerek: széles körben jelentkező feszültség-ingadozás, és rendszerproblémák jelentkezhetnek. Az elektromos hálózatban teljes összeomlás vagy időszakos áramkimaradás léphet fel. A transzformátorok meghibásodhatnak. Űrtevékenység: kiterjedt felületi elektromos feltöltődés, orientációs problémák, az űreszközzel való kommunikációs nehézség és követési problémák jelentkezhetnek. Egyéb rendszerek és hatások: a csővezetésekre csatolódoó áram elérheti a több száz amper erősséget, a HF rádió kommunikáció helyenként megszűnhet 1-2 napig, a műholdas navigáció több napon keresztül elérhetetlenné válhat, az alacsony frekvenciájú rádió kommunikáció több órára megszűnhet. Az északi fény megjelenése várható Floridában és Dél-Texas területén (jellemzően a 40°-os geomágneses szélességen).	4 esemény egy napciklus alatt, ciklusonként 4 napon át.

A földkéreg (az óceánok, a tengerek és a szárazföld együttesen) vezetőként viselkedik, ezért a geomágneses vihar alkalmával gyorsan változó mágneses tér hatására

töltések mozdulnak el a földkéregben, amelyben áram indukálódik. Ezeket a szakirodalom geomágnesesen indukált áramoknak, vagy pontosabban: geomágnesesen indu-



3. ábra. A geomágnesesen indukált kéregáram a földelési pontokon keresztül képes rácsatolódni a villamos hálózat különböző szakaszaira [5]



4. ábra. A GIC-ek valójában bármilyen fémből készült és hosszú struktúrára rácsatolódhatnak, legyen az felszíni vagy a föld alá temetett kőolaj- és gázvezeték, a villamos hálózat szakasza vagy vasúti sín [6]

kált kéregáramoknak (Geomagnetically Induced Currents – GIC) nevezi.

A keletkező áram erősségét nyilvánvalóan meghatározza a földi mágneses tér változásának a mértéke és a változás sebessége is: nagyobb változásnál intenzívebb áram várható, és a gyorsabb változás szintén erősebb áramot hoz létre. A helyi geológiai viszonyok is befolyásolják a létrejövő áram erősségét, hiszen az Ohm-törvény értelmében a keletkező áram erőssége fordítottan arányos azon közeg ellenállásával, amelyben az áram folyik. A helyi geológiai viszonyok azonban nemcsak az áram erősségét, hanem a terjedési irányát is befolyásolják: az áram természetesen ott áramlik, ahol a közeg ellenállása a legkisebb. És pontosan ebben rejlik a GIC-ek veszélye, ugyanis számukra az ember készítette hosszú, fémből készült létesítmények és hálózatok – a távvezetékek, vagyis a villamos hálózat, a gáz- és olajvezetékek, illetve a vasúti hálózatok stb. – mindegyike kiváló vezető képességű alternatív útvonalat jelent. Fontos megjegyezni, hogy a GIC-ek gyakorlatilag egyenáramoknak tekinthetők, ezzel ellentétben a távvezeték-hálózatban továbbított áram váltóáram; a földelési pontokon keresztül a GIC éppen ezért tud rákapcsolódni a hálózatra.

TÖRTÉNELMI GEOMÁGNESES VIHAROK

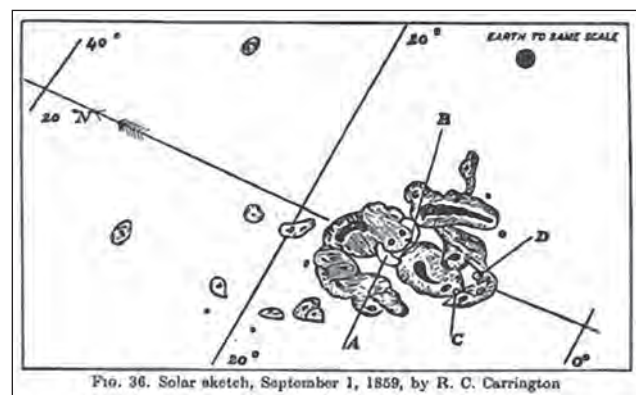
A CARRINGTON-ESEMÉNY (1859.)

Képzeljük el, hogy az éjszaka közepén arra ébredünk, hogy világos van. Mintha felkelne a nap. Olyan erős a fény, hogy Görögországban az emberek újságot tudnak olvasni a vö-

röses megvilágításban, Magyarországon még ennél is erősebb fény figyelhető meg. Éjfél nap? Nem, csak az északi fény, az Aurora Borealis világítja meg az éjjeli égboltot. Hihetetlenül hangzik? Nos, mindez megtörtént, méghozzá 164 évvel ezelőtt, annyi pontosítással, hogy az Amerikai Egyesült Államokban a Sziklás-hegység környékén lakókat ébresztette fel a fény éjszaka, és a reggeli újságot a különös fényben Kubában olvashatták az emberek...

Ez volt a nevezetes „Carrington-esemény”, amelynek során a sarki fény szokatlanul alacsony földrajzi szélességeken, és a világ több pontján tapasztalt megjelenését [8]

5. ábra. 1859. szeptember 1-én R. C. Carrington egy különösen nagy és fényes fler-t figyelt meg, amely egy nagy napfoltból indult ki. A képen Carrington³ saját készítésű rajza látható az eseményről [7]



a legnagyobb geomágneses vihar követte, amit valaha is sikerült megmérni az emberiség történelme folyamán. A Dst-érték⁴ elérte az -1760 nT-át [9]. A korábbiakban említettük, hogy a 250 nT-át meghaladó csökkenés esetén már szuper viharról beszélünk, ehhez képest a -1760 nT igencsak jelentős érték.

Az 1859-es év kapcsán nem beszélhetünk fejlett technológiáról. Nem volt villamos hálózat, nem létezett még műhold, TV, rádió és internet, amelyek igazán ki lettek volna téve egy geomágneses vihar hatásainak. Volt azonban táviró-szolgáltatás, amely az Egyesült Államokban igen fontos szerepet töltött be, hiszen ez volt akkoriban az egyetlen módja a hírek és magánüzenetek gyors és hatékony továbbításának.

A táviró operátorai annak idején azt észlelték, hogy számos vonal nem működött, nem lehetett üzeneteket továbbítani, ugyanakkor olyan erős áram folyt a vezetékeken, hogy attól lehetett tartani, hogy a platinaérintkezők megolvadnak, miközben „tűzsugár” ömlött ki az áramkörökből. Egy technikus komoly áramütést kapott, amikor a feje közel került egy földvezetékhez. Egy szemtanú szerint egy ív alakú szikrakisülés indult el az áramütést szenvedő technikus fejről a távirókészülék felé. Olyan állomásokon, ahol vegyszeres távirópapírt használtak arról számoltak be, hogy több esetben meggyulladt a papír. Hasonló esetekről több táviró állomáson is beszámoltak. [11]

Az észlelt jelenségek magyarázata egyértelmű: a geomágneses vihar alkalmával indukált kéregáramok rácsatolódtak a táviróvezetésekre, és ezzel túlterhelték azt, hiszen a tervezettnél jóval nagyobb áramok folytak a rendszerben.

A korabeli újságok gazdasági veszteségekről is beszámoltak, ugyanis egy olyan időszakban keletkezett kimaradás a hírközlésben, amikor arra nagy volt az igény.

QUÉBEC, KANADA (1989.)

1989. március 10-én és 12-én két különálló CME-t figyeltek meg a Nap felszínén. A koronaanyag-kidobódások következtében március 13-án, 01:27-kor (UT) egy erős geomágneses vihar érte el a Földet. Összeomlott Québec villamos hálózata (pontosabban a James Bay hálózat), és létre jött egy elsötétülés (blackout), amely során közel 7 millió ember 9 órán keresztül áram nélkül maradt. A hálózat összeomlása rendkívül rövid idő alatt, alig 90 másodperc alatt történt. A későbbi vizsgálat kiderítette, hogy a meghibásodást olyan kéregáramok okozták, amelyek rácsatolódtak a hálózatra, a transzformátorállomás(ok) meghibásodását okozták – „kiégették” azokat. (6. ábra)

6. ábra. A New Jersey-i (Amerikai Egyesült Államok) Salem One nukleáris erőmű transzformátoráról készült fotó az 1989-es mágneses vihar következményeként létrejövő túlhevülés és olvadás után [12]



Az áramkimaradást csak azért lehetett ilyen rövid idő alatt megszüntetni, mert sikerült átírányítani az áramellátást egy alternatív hálózatra, kikerülve a sérült transzformátorállomást, amelynek javítása az eseményt követően több hétig tartott. Valójában csak a szerencsén múlt, hogy a meghibásodás nem terjedt át a többi tartományra és az Amerikai Egyesült Államokra is: az észak-amerikai hálózat több pontján ugyanis számottevő feszültségingadozást regisztráltak a hálózatban, és kevésen múlt, hogy az ingadozás nem lépte át a kritikus határértéket, ami már maradó meghibásodást okozott volna más állomásokon is.

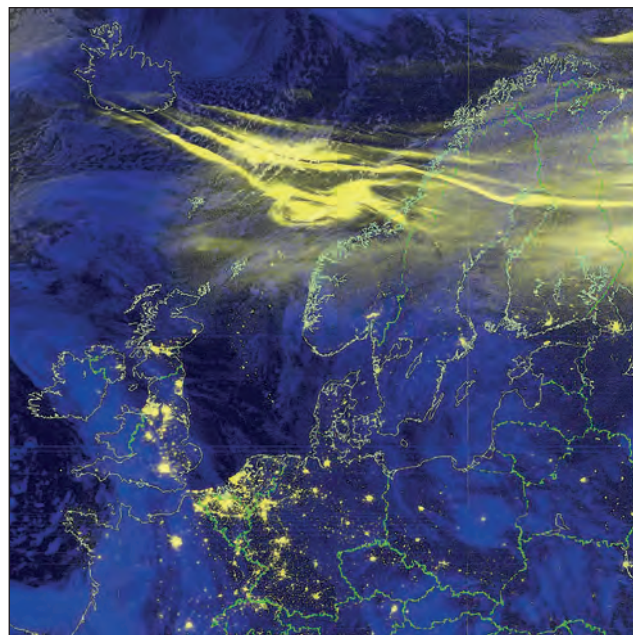
A québeci eset az úridőjárás hatásainak egy olyan iskolapéldájaként vonult be a tudomány és a technika történetébe, amely ráirányítja a figyelmet a kritikus infrastruktúra úridőjárás hatások által jelentett sebezhetőségére. Érdekes, hogy ugyanabban az évben, augusztus 16-án egy másik geomágneses vihar következményeként leállt a torontói tőzsde. [13]

Valójában nem meglepő az intenzív naptevékenység az 1989-es évben, mert abban az évben volt a 22. napciklus maximuma, amely egyébként is intenzív napciklusként jellemezhető.

A „HALLOWEEN VIHAROK” (2003.)

A 2003-as évet intenzív naptevékenység jellemezte, amely nyilvánvalóan kötődik a 23-as napciklus maximumához. A naptevékenység intenzitásának csúcsát egy sor fler és CME-esemény jellemezte, amelyek október közepe és november eleje között, különösen október 28–29. között voltak megfigyelhetők. A „Halloween viharok” elnevezés egyrészt az időpontra utal (november 1. Halloween, azaz mindenszentek ünnepe), míg a többes szám azt jelzi, hogy a következmény nem csupán egyetlen geomágneses vihar volt, hanem több esemény is egymás után.

7. ábra. A DMSP műhold által 2003. október 30-án készített kompozit kép. Jól megfigyelhető az intenzív északi fény, különösen a skandináv országok felett [14]



2. táblázat. Azonosított kockázati forgatókönyvek input érték adatai [16] alapján, részlet a jelentésből

Forgatókönyv	Alforgatókönyv	A forgatókönyvben érintett társadalmi értékek								Súlyzott átlag
		Halálest	Sérülés és betegség	Természet és környezet tartós károsodása	Pénzügyi és anyagi veszteségek	Társadalmi zavargás	Mindennapi életben jelentkező zavarok	Meggyengült nemzeti kormányzóképeség	Meggyengült területi igazgatás	
5.1. Mágneses viharok	2. Erősség: Erős	A	A	Nem	C	E	E	D	D	E
5.4 Szoláris sugárviharok vagy szoláris elektromos részecskékkel kapcsolatos események	1. Szoláris eredetű, nagyon magas elektromos töltésű részecskékitörés, amely eléri a Föld légkörét	Nem	Nem	Nem	A	A	C	C	C	C
5.5. Szoláris rádiókitörések	1. Szoláris eredetű természetes rádiókitörés (például Napkorona anyag kilövellések esetén)	Nem	Nem	Nem	A	Nem	Nem	C	C	C

* A 2. táblázat betűjeleinek definíciói: A: az eseményre utaló konkrét jel nincs és bekövetkezése nem valószínűsíthető; B: az eseményre utaló konkrét jel nincs, bekövetkezése túlzóan valószínűsíthető; C: az eseményre utaló konkrét jel nincs, de bekövetkezése valószínűsíthető; D: az esemény bekövetkezése nagyon valószínűsíthető; E: az esemény bekövetkezésére utaló konkrét jel.

A „Halloween viharok” nemcsak egy (vagy több, egymást követő) geomágneses vihar következményét mutatják meg, hanem az űridőjárás által okozott következmények egész tárházát, amelyeket az alábbiakban sorra veszünk.

A GOES-rendszer⁵ rögzíti a legnagyobb flert, amelyet X45 erősségűnek becsülnek, és amelyet korábban X28-as erősségűnek határoztak meg a GOES detektorainak telítődése miatt.

Zavar lépett fel több mint 20 műhold működésében. Ebben az összesítésben nem szerepelnek a katonai műholdak, mivel ez utóbbi eszközökről nincsenek nyilvánosan elérhető adatok. A NASA műholdjainak mintegy fele érintett volt, egy japán műhold teljesen működésképtelenné vált.

Súlyos zavarok támadtak a HF rádióösszeköttetésben, amelyek többek között a légitársaságok kommunikációját lehetetlennítették el. Az amerikai Federal Aviation Administration ekkor adott ki először figyelmeztetést arról, hogy a repülőgépen utazók sugárzási veszélynek lehetnek kitéve.

A villamos hálózat zavara következtében a svédországi Malmö elsötétült. Dél-Afrikában meghibásodott egy transzformátorállomás a GIC okozta túlterhelés miatt – hasonló módon „kiégett”, mint ’89-ben a québeci transzformátor –, itt azonban a hatás késleltetett volt [15]. Az esemény oka mindkét esetben a geomágnesesen indukált kéregáramok (GIC) rácsatolódája volt a villamos hálózatra.

Az Egyesült Államokban a parti őrség – megbízhatatlansága miatt – időlegesen lezárta a LORAN⁶ navigációs rendszert.

A Himalája területén tartózkodó hegymászók nem tudták használni műholdas telefonjaikat, a kommunikáció lehetlenné vált.

A „Halloween viharok” hatása érdekes módon olyan jelentőségű, amely túllépett a kizárólag a Földet érintő hatásokon: az esemény ugyanis a Mars bolygó felszínén tartózkodó Mars Odyssey sugármérő egységében is meghibásodást idézett elő.

KATASZTRÓFÁVÉDELEM: KOCKÁZATI DIAGRAM

A BM Katasztrófavédelem „Jelentés Magyarország nemzeti katasztrófavédelem értékelésének felülvizsgálatáról – a nemzeti katasztrófavédelem értékelés releváns összefoglalása” című jelentésében [16] igen pozitív ténynek tekinthető, hogy e dokumentum részletesen foglalkozik az űridőjárás hatásaival.

Az űridőjárás jelentette kockázatok és azok következményei táblázatba foglaltnak jelennek meg. A dokumentum „kockázati diagram” ábráján (a jelentés 55. oldalán) a mágneses viharesemény a „katasztrófális”, vagyis a legnagyobb súlyosságú, és a „valószínű” gyakoriságú zónában szerepel, amely teljesen megfelel a szakirodalomban található elemzéseknek. (2. táblázat)

Azzal, hogy a hazai katasztrófavédelem komolyan foglalkozik az űridőjárás okozta hatások kockázatával, a világ országainak élvonalba tartozik, mert beépíti a potenciális kockázatok közé az űridőjárás okozta hatásokat is. (Ez a preventív veszélyelemzés egyelőre nem része a nemzetközi gyakorlatnak.)



ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben bemutatott tudományos tények és tapasztalatok arra engednek következtetni, hogy a geomágneses viharok (és a többi űridőjárási jelenség) káros hatásokat és komoly károkat okoznak a Föld ökoszisztémájában, társadalmában és kiépített technikai rendszerében. Az űridőjárás, különösen a geomágneses vihar kockázataival és következményeivel napjainkban már komoly tanulmányok foglalkoznak. Ezek az elemzések behatóan vizsgálják az űridőjárási hatások következményeit, megállapításaik referenciaként tekinthetők. Ilyen például a Schulte et al., 2014 [17] által készített tanulmány, amelynek megállapítása szerint egy, az 1989-es québecihez mérhető esemény gazdasági hatása – egy teljes évre vetítve – 2,4–3,4 trillió dollárnyi veszteséggel érne fel. A teljes gazdasági sokk 50%-a olyan országok gazdaságában lenne érezhető, amelyek kívül esnek a geomágneses vihar határán. Összességében ez a globális GDP 3,9–5,6%-os csökkenést okozná, ami összemérhető a háborúval, az extrém pénzügyi válság és klímaváltozás okozta negatív hatásokkal. Mindezek alapján egyértelmű, hogy a Föld országainak fel kell készülnie a geomágneses viharok és a más űridőjárási jelenségek által okozott hatásokra.

HIVATKOZOTT IRODALOM

[1] Forrás: NASA Scientific Visualization Studio <https://svs.gsfc.nasa.gov/4923> (Letöltve: 2023.3.20.);

[2] Kivelson, M. G., Russel, Ch. T. Introduction to Space Physics Cambridge University Press, USA, 1995;

[3] Cserepes L., Petrovay K. Kozmikus fizika Egyetemi jegyzet Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Bp. 2001. <https://mek.oszk.hu/00500/00559/>;

[4] The NOAA Space Weather Scales <https://www.swpc.noaa.gov/noaa-scales-explanation> (Letöltve: 2023.3.20.);

[5] Tozzi, R., De Michelis, P., Coco, I., Giannattasio, F. A Preliminary Risk Assessment of Geomagnetically Induced Currents over the Italian Territory 2020. <http://www.swico.it/2020/10/07/a-preliminary-risk-assessment-of-geomagnetically-induced-currents-over-the-italian-territory/> (Letöltve: 2023.3.20.);

[6] NASA: Geomagnetically Induced Currents <https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/gicinfographicfinal.pdf> (Letöltve: 2023.3.20.);

[7] 159 Years Ago, A Geomagnetic Megastorm <https://spaceweatherarchive.com/category/space-weather/> (Letöltve: 2023.3.19.);

[8] Geophysical Institute Of The University Of Alaska: A Study of the Aurora of 1859 by D. S, Kimball Scientific Report No. 6 NSF Grant No. Y/22.6/327 April 1960 <https://scholarworks.alaska.edu/bitstream/handle/11122/3607/GI%20Reports%20109.pdf?sequence=1&isAllowed=y>;

[9] Tsurutani B. T., Gonzalez W. D., Lakhina G. S., Alex S. The extreme magnetic storm of 1–2 September 1859 *Journal Of Geophysical Research*, Vol. 108, No. A7, 1268, 2003. <https://doi.org/10.1029/2002JA009504>;

[10] Kerékgyártó Zita. Szoláris eruptív jelenségek jellemzői a bolygóközi térben Szakdolgozat Debreceni Egyetem Természettudományi Kar, Debrecen 2002. p. 17.;

[11] Klein, Ch. A Perfect Solar Superstorm: The 1859 Carrington Event; <https://www.history.com/news/a-perfect-solar-superstorm-the-1859-carrington-event> (Letöltve: 2023.3.19.);

[12] http://www.solarsystemcentral.com/solar_storm_page.html (Letöltve: 2023.3.19.);

[13] Dayton, L. Solar storms halt stock market as computers crash 1989 <https://www.newscientist.com/article/mg12316812-400-solar-storms-halt-stock-market-as-computers-crash/> (Letöltve: 2023.3.20.);

[14] https://en.wikipedia.org/wiki/2003_Halloween_solar_storms (Letöltve: 2023.3.20.);

[15] Thomson, A. W. P., Gaunt, T., Cilliers, P., Wild, J. A., Opperman, B., McKinnell, L. A., Kotze, P., Ngwira, C.M., Lotz, S. I. Present day challenges in understanding the geomagnetic hazard to national power grids *Advances in Space Research* 45(9):1182-1190 https://www.researchgate.net/publication/222557718_Present_day_challenges_in_understanding_the_geomagnetic_hazard_to_national_power_grids#fullTextFileContent (Letöltve: 2023.3.18.) <https://doi.org/10.1016/j.asr.2009.11.023>;

[16] Jelentés Magyarország nemzeti katasztrófakockázat-értékelésének felülvizsgálatáról – a nemzeti katasztrófakockázat-értékelés releváns összefoglalása Melléklet a 7/2018. évi (XII.17.) KKB határozathoz pp. 47–50. <https://www.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2019-09/64108.pdf> (Letöltve: 2023.3.19.);

[17] Schulte in den Bäumen, H., Moran, D., Lenzen, M., Cairns, I., Steenge, A. How severe space weather can disrupt global supply chains, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 14, 2749–2759, <https://doi.org/10.5194/nhess-14-2749-2014>, 2014.

JEGYZETEK

- 1 A Space Weather Prediction Center (SWPC) a National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) laboratóriuma és időjárás-előrejelző központja a Colorado állambeli Boulderben. Az SWPC folyamatosan figyel és előrejelzi a Föld űrkörnyezetét, napelemes földi információkat szolgáltatva. Az SWPC az űridőjárási riasztások és figyelmeztetések hivatalos forrása az Amerikai Egyesült Államokban.
- 2 A K-index egy kvázi logaritmikusszám, amelynek értéke 0 és 9 között lehet. A hivatalos, az egész bolygóra vonatkoztatott „Kp” (K planetari) indexet a földgolyó számos helyén található mérőállomások által szolgáltatott egyedi „K” értékek súlyozott figyelembevételével számolják ki. (A szerk.)
- 3 Richard Christopher Carrington (1826. május 26. – 1875. november 27.) angol amatőr csillagász, akinek 1859-es csillagászati megfigyelései kimutatták a napkitörések létezését.
- 4 A Dst-indexet 1957-től alkalmazzák az Egyenlítő környéki mágneses zavarok jellemzésére. Értéke a mágneses viharok alatt fellépő egyenlítői gyűrűáram erősségétől függ. Azt mutatja meg, hogy mekkora a gyűrűáramot alkotó részecskék összenergiája. A Dst értéke nyugodt napokon –20 - +20 nT, míg erős viharok esetén –450 nT lehet. Az indexet az Egyenlítő környéki obszervatóriumok a mágneses tér horizontális komponense alapján határozzák meg. [10]
- 5 A (Synchronous Meteorological Satellite) SMS műholdprogramként indított projekt a NOAA tulajdonába és kezelésébe kerülve GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) program néven ismert. Az Egyenlítő felett különböző pozíciókban helyezkedő 17 műhold a változó igényeknek megfelelően készíti a felvételeket a Földről.
- 6 A LORAN (long range navigation) a hosszú távú navigáció rövidítése, egy hiperbolikus rádió navigációs rendszer, amelyet az Amerikai Egyesült Államokban fejlesztettek ki a második világháború idején. Először az Atlanti-óceánon átkelő hajókonvojokhoz, majd nagy hatótávolságú járőrrepülőgépekhez használták.



Kovács Zoltán* – Ember István**

Új nehézgép a Magyar Honvédségben: WiSENT 2HU

BEVEZETÉS

A Krauss-Maffei Wegmann (KMW) vállalattal 2018 decemberében megkötött szerződés alapján, a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Programban (HHP) a Magyar Honvédség szárazföldi (MH) haderőnemének technikai eszközállománya tervezetten 44 darab új gyártású Leopard 2A7+HU harckocsival és 24 db Panzerhaubitze 2000 HU önjáró löveggel bővül. Kiképzési célból a honvédség további 12 darab használt, nem magyar tulajdonban lévő Leopard 2A4HU harckocsit alkalmaz ideiglenesen, amelyek a bérleti idő vége után hazai tulajdonban maradnak.¹ A harckocsi és a lövegek harctámogatása három darab Leguan 2 típusú hídvető harckocsi és öt darab WiSENT 2 típusú

harckocsivontató/műszaki munkagép feladata. A megrendelt technikai eszközöket kifejezetten a magyar fél által megszabott harcászati-műszaki követelmények alapján gyártják, a gyártó cég engedélyezte, hogy a sajátosságok miatt egyedi típusneveket is kapjanak, a Magyarország számára készülő eszközök nevének végére kerül a „HU” kiegészítés. [1]

A MŰSZAKI GÉPEK TECHNIKAI ALAPJA

A Flensburger Fahrzeugbau Gesellschaft mbH (FFG) vállalat által kifejlesztett WiSENT 2 speciális járművet az Eurosatory 2010 haditechnikai kiállításon mutatták be a

ÖSSZEFOGLALÁS: A műszaki szakcsapatok feladatai rendkívül változatosak: támogatniuk kell a saját csapatok manővereit, akadályozniuk az ellenség mozgását, és hozzá kell járulniuk a saját erők megővéséhez. A feladatok végrehajtásához különböző képességekkel rendelkező speciális műszaki gépek szükségesek. Több országban is felismerték annak igényét, hogy olyan műszaki gépeket kell alkalmazni, amelyek teljesen eltérő jellegű szakfeladatokat is képesek megoldani, akár az ellenség tűzhatása alatt, különleges harctéri körülmények és terepviszonyok között is.

KULCSSZAVAK: WiSENT 2, műszaki támogatás, műszaki gép, többrendeltetésű gép, Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program

ABSTRACT: The tasks of engineer troops are very diverse; they have to support the maneuvers of their own troops, hinder the enemy's movements and participate in protection of own forces. These tasks require different special engineer machines with different capabilities. Several countries have recognized the need to involve into service those engineer machines that can perform wide range of tasks even under enemy fire, special battlefield and terrain conditions.

KEY WORDS: WiSENT 2, engineer support, engineer machine, multipurpose machine, Defense and Armed Forces Development Program

* Egyetemi docens, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Művelési Támogató Tanszék, e-mail: kovacs.zoltan@uni-nke.hu
ORCID: 0000-0001-9098-1997

** Tanársegéd, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Művelési Támogató Tanszék, e-mail: ember.istvan@uni-nke.hu
ORCID: 0000-0002-9877-0366



nagyközönségnek. Kanadát (18 darab) és Norvégiát (12 darab) követően, harmadik NATO-tagállamként Magyarország, továbbá Katar (6 darab) és az Egyesült Arab Emírátsok (4 darab) rendelkezik a típussal.

A torony nélküli, Leopard 2 módosított harcjárműtestre kialakított bázisjármű négyütemű, 12 hengeres, turbófeltöltéses dízelüzemű belsőégésű motorral rendelkezik, amely 2600 fordulat/percnél 1100 kW (1500 LE) leadására képes (1. táblázat). Bár a motor többféle tüzelőanyaggal üzemeltethető, az élettartamának megóvása érdekében célszerű, ha a tüzelőanyag összetételének legalább 60%-át gázolaj alkotja. Az erőátviteli rendszer RENK HSWL 354 típusú automata sebességváltó, amely négy előremeneti és két hátrameneti fokozattal rendelkezik.

1. táblázat. Az alapgép főbb harcászati-technikai adatai (A szerzők szerkesztése [2] alapján)

Hosszúság	7720 mm
Szélesség	3540 mm
Magasság	2480 mm
Tömeg	55 150 kg
Motor	MTU MB 873 Ka-501
Hajtóanyag	elsődlegesen gázolaj
Hengerűrtartalom	47 600 cm ³
Teljesítmény	1104 kW (~1500 LE)
Sebességváltó	RENK HSWL 354
Sebességfokozatok	4 előre, 2 hátra
Hatótávolság	650 km
Max. sebesség előremenet	68 km/h
Max. sebesség hátramenet	31 km/h
Fegyverzet	12,7 mm-es géppuska (opcionális) Wegmann 76 mm-es gránátvető
Kezelőállomány	3 fő
Leküzdhető emelkedő	60%
Maximális oldaldőlés	30%
Lépcsőmászó képesség	1,1 m
Árokáthidaló képesség	3,3 m
Gázlóképesség	2,25 m
Merülés víz alá (légzőcsővel)	4 m

A motor és az erőátviteli rendszer egy közös blokkban, meghajtó egységben (idegen kifejezéssel: powerpack) helyezkedik el, amelynek a tömege 6120 kg. A teljes meghajtó egység egyben kiemelhető, kicserélhető, műhelykörülmények között igen rövid idő alatt (15-20 perc), de a csere akár a terepen is végrehajtható, az időszükséglete így kb. 35 perc (2. ábra).

A lánctalpas járószerkezet oldalanként hét darab gumifüvetű kettős futógörgőből, elöl egy láncteszítőkerekből, hátul a meghajtó csillagkerékből áll, amelyek körül gumibe-



2. ábra. Egy meghajtóegység cseréje [3]

tétes acél lánctalp található. Az eszköz kiváló manőverező- és terepjáró képességgel rendelkezik. A műszaki jármű képes leküzdni:

- 1 m-nél magasabb függőleges tereplépcsőt,
- 3 m-nél szélesebb árkot,
- közepes mélységű, akár 4 m mélységű vízi akadályt egy toronyszellőztető csővel felszerelve.

A páncélzat a 3 fős kezelőállomány – parancsnok, járművezető és gépkezelő – számára a NATO STANAG 4569 egységesítési egyezményben² foglaltak alapján lövedékek ellen 5. szintű (Level 5), míg aknarobbanás hatása ellen 4. szintű (Level 4) védelmet biztosít az alábbi eszközök ellen:

- 200 m távolságból kilőtt 25 mm űrméretű páncéltörő löszér lövedéke 1258 m/s sebességgel becsapódva,
- 25 m távolságban elműködő 155 mm űrméretű repeszromboló gránát,
- 10 kg robbanóanyagot tartalmazó, közvetlenül a lánctalpak (4a szint) vagy a jármű közepe (4b szint) alatt elműködő akna.

A páncélzatra szerelt kiegészíthető modulokkal (pl. SLAT, TARIAN®) a rakétameghajtású kumulatív gránátok elleni védelem is elérhető.

A fegyverrendszert egy 12,7 mm űrméretű géppuskával felszerelhető Kongsberg Nordic+ távirányítású fegyverállvány és Wegmann gránátvetők alkotják. Az eszköz rendelkezik korszerű ABV-védelemmel, ventilációs levegőszűrő rendszerrel, automatikus tűzoltórendszerrel, valamint körkörös, éjjel-nappal látó, nagy felbontású kamerarendszerrel. A küzdőtérben elhelyezett monitoron megjelenő kameraképek segítségével szinte valamennyi feladat a jármű

3. ábra. Feladatvégrehajtás a WiSENT 2 küzdőtéréből, kamerakép segítségével [4]



belső terében tartózkodva végrehajtható. A kezelőszelelyzet biztonságát jelentősen növeli, hogy adott feladatok végrehajtásához nem szükséges a küzdőteret elhagyni (3. ábra).

Az elektromos energiatároló rendszer részeként a WiSENT 2 rendelkezik beépített generátorral az elektromos meghajtású kiségek, a vágó- és hegesztőfelszerelés működtetéséhez, de az alapjárművet felszerelték egy kiegészítő elektromos energiatároló egységgel is. A korábbi APU (Auxiliary Power Unit) tárolóegységet egy nagyobb teljesítményű, lítiumbázisú, korszerűbb APB (Auxiliary Power Booster) tárolóegység váltja fel a jövőben, amely saját hűtő- és túlzottórendszerrel is rendelkezik.

A WiSENT 2 berendezései és a csatlakoztatott különböző munkaszervek hidraulikus rendszere leállított belsőégésű motor esetén elektromos meghajtással is működtethető. Ez az üzemeltetés, munkavégzés csökkenti az üzemanyag-fogyasztást, a dízelmotor kopását, és hatékonyabbá teszi az eszköz rejtését: az elektromos működés csendes (hangálcázás), hőkibocsátás nincs (hőálcázás), illetve a motor kipufogófüstje sem árukkodik. Az energiatároló háromféle teljesítmény-változatban lesz elérhető, és 8–16 óra „csendes üzemmódot” képes biztosítani. A tárolórendszert úgy tervezték, hogy mindig tartalmazzon annyi tartalékot, amennyi elegendő energiát biztosít a belsőégésű motor beindításához.

Az elektromos üzemelés sajátossága, hogy a WiSENT 2 külső jármű segítségével nélkül, a darugémjét vagy a csuklós kotrókarját elektromos meghajtással működtetve képes a saját meghibásodott meghajtó egységét is kiemelni a helyéről, és kicserélni egy másikra.

A WiSENT 2 FONTOSABB VÁLTOZATAI

Mivel a WiSENT 2 többrendeltetésű eszköz, az alapgéphez különböző kiegészítő munkaszervet kapcsolva, egymástól teljesen eltérő harctámogató/harci kiszolgáló feladatokat képes végrehajtani: egyaránt alkalmazható

harctéri mentő-vontató eszközként (Armoured Recovery Vehicle – ARV), műszaki munkagépként (Armoured Engineer Vehicle – AEV), valamint hídrakó (Bridge Layer – BL) vagy átjárónyitó/aknamentesítő (Mine Breaching – MB) eszközként. (4. ábra)

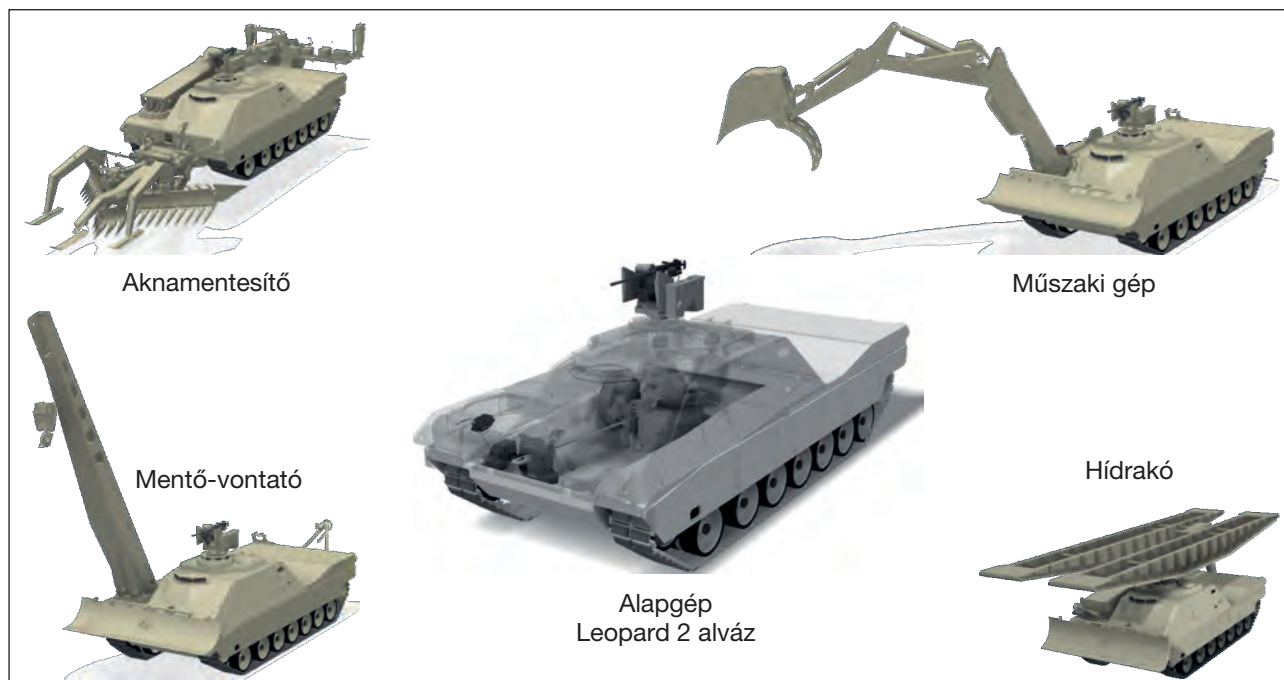
A WiSENT 2 ARV MENTŐ-VONTATÓ JÁRMŰ

Mentő-vontató járműként (ARV) alkalmas az elakadt, felborult, meghibásodott, vagy az ellenséges fegyverek csapásai miatt üzemképtelenné vált harckocsik, harc- és gépjárművek mentésére, elvontatására, vagy akár a helyszíni javításban történő részvételre. (2. táblázat)

2. táblázat. Az ARV változat főbb jellemzői (A szerzők szerkesztése [6] alapján)

Hosszúság	9260 mm
Szélesség	3540 mm
Magasság	2780 mm
Max. vontatási sebesség közúton	40 km/h
Leopard 2 vontatása közúton	25 km/h
Leopard 2 vontatása terepen	15 km/h
Főcsőrő vonóerő	400 kN (40 t)
Acélsodrony hosszúsága	160 m
Acélsodrony vastagsága	33 mm
Segédcsőrő vonóerő	30 kN (3 t)
Acélsodrony hosszúsága	280 m
Acélsodrony vastagsága	8 mm
Daru emelési teherbírása	320 kN (32 t)

4. ábra. Az alapgép és a gépváltozatok (A szerzők szerkesztése [5] alapján)





5. ábra. ARV változat a menethelyzetben rögzített darugémmel (Forrás: FFG)



6. ábra. A WiSENT 2 ARV változatának eleje a tolólappal (Forrás: FFG)

A harcjárműtest jobb oldalára szerelt daru 32 tonna (320 kN) terhet képes megemelni. A használaton kívüli gémszerkezet menet közben fektetett helyzetű, a harcjárműtest felső részének jobb oldalához rögzített. (5. ábra)

A WiSENT 2 két csörlőrendszerrel rendelkezik. A nehéztechnika mentéséhez, mozgatásához használható fő csörlő



7. ábra. A speciális vonórúd az éjjel/nappali kamerarendszerrel [7]

lő vonóerője 400 kN (40 t), míg a másodlagos csörlőszerkezeté 30 kN (3 t). Teher emelésekor vagy csörlőzéskor a jármű elejére szerelt 3540 mm széles, 1000 mm magas egyenesvonalú tolólap segíti a biztos kitémasztást (6. ábra).

A hagyományos vonórúd és vontató-sodronykötél helyett a WiSENT 2 hátsó részére felszerelhető egy speciális harctéri vontatórendszer (Combar Recovery System – CRS), amely lehetővé teszi, hogy valamennyi Leopard harcjárműtesttel rendelkező technikai eszköz vonóhorgához gyorsan lehessen kapcsolódni. A kapcsolódási folyamat a küzdőtérből, a vonórúdon található éjjel/nappali kamera segítségével irányítható (7. ábra).

A WiSENT 2 AEV MŰSZAKI MUNKAGÉP

Műszaki munkagépként (AEV) a WiSENT 2 – akárcsak más hasonló műszaki munkagépek (3. táblázat) – minden katonai művelet során alkalmazható a saját csapatok mozgásművelet szabadságának fenntartására, a különböző utak létrehozására, helyreállítására vagy megerősítésére, erődítési építmények alapödrének kialakítására, átkelőhelyek berendezésekor lejárók kialakítására, nem robbanó műszaki záruk létesítésére, illetve az ellenség által létesített ilyen záruk elmozdítására, leküzdésére.

3. táblázat. Néhány műszaki munkagép főbb technikai adatainak összehasonlítása (A szerzők szerkesztése)

Típus/Gyártó ország	Hosszúság (m)	Szélesség (m)	Magasság (m)	Tömeg (t)	Max. sebesség (km/h)	Motor típusa	Teljesítmény (kW)
UBIM AEV (Oroszország)	9,53	3,74	2,30	55	60	V-92SZ2F	830
IMR-3 CEV (Oroszország)	9,34	3,53	3,53	49,5	50	BM-84MS	617
LECLERC AEV (Franciaország)	9,15	3,42	2,60	59	72	MTU 883	1100
Trojan AVRE (Egyesült Királyság)	8,95	3,50	3,03	57,3	56	PEV CV-12 8a	880
Terrier CEV (Egyesült Királyság)	9,30	2,96	2,90	31,5	70	Caterpillar C18	514
Kodiak CEV (Németország–Svájc)	10,2	3,54	2,60	59	68	MTU MB 873 Ka-501	1100
Patria HMBV (Finnország)	7,92	3,75	2,88	53	72	MTU MB 873 Ka-501	1100
WiSENT 2 AEV (Németország)	10,5	3,54	3,10	60	70	MTU MB 873 Ka-501	1100

A földmunkákhoz, a feladattól függően többféle munkaszerv csatlakoztatható az alappépre. A jármű elején elhelyezkedő egyenes tolólap magassága 1000 mm, szélessége 3540 mm, azonban kétoldali toldatokkal ez 4140 mm-re növelhető, így a talajmozgatási teljesítmény a körülményektől függően akár 400 m³/h is lehet (4. táblázat). A rendszeresített tolólap helyett az eszközhöz csatlakoztatható más típusú, ferde vagy V alakú tolólap is.

4. táblázat. Az AEV változat főbb jellemzői
(A szerzők szerkesztése [6] alapján)

Hosszúság	10 500 mm
Szélesség	3 540 mm
Magasság	3 100 mm
Kotrókar teherbírása	40 kN (4 t)
Teherbírás emelőcsőről	80 kN (8 t)
Tolólap szélessége	3540–4140 mm
Tolólap magassága	1000 mm
Talajmozgatás tolólappal	400 m ³ /h
Kotrókanál térfogata	1,3 m ³
Talajkitermelés kotrókanállal	260 m ³ /h

Az ARV változatot közel 5 óra alatt lehet átalakítani AEV eszközzé, amelyhez egy másik munkagép emelőberendezése szükséges, hiszen a darugémet is le kell cserélni egy csuklós kotrókarra. A kotrókar alvázhhoz rögzítése után a hidraulikus rendszerben egyéb kiegészítő beállítás végrehajtása nem szükséges, mert az intelligens hidraulikus-elektronikus rendszer felismeri a jármű átalakításakor csatlakoztatott munkaszerveket. A felhasználóbarát érintőképernyőkön keresztül minden mozzanat követhető és vezérelhető. (8. ábra)

A kotrókar maximális kinyúlása 9 m, ekkor legfeljebb 4 t tömegű terhet tud megemelni, amely emelőcsőről használatával 8 t-ra növelhető, így az AEV változat is képes a saját powerpack-ját kicserélni. Az alaprendeltetésű kotrókanál térfogata 1,3 m³, amellyel legfeljebb 4,4 m mélységig ásva óránként akár 260 m³ földet is meg lehet mozgatni. (1. ábra)

A kotrókar végén egy hidraulikus gyorscsatlakozó (9. ábra) teszi lehetővé a különféle munkaszervek, sajátos formájú és méretű kanalak, tömörítő, kötő kalapácsok cseréjét úgy, hogy a gépkezelőnek közben nem kell elhagynia a járművet.

Némely speciális munkaszerv nemcsak a hagyományos földmunkákhoz használható, hanem például különböző

8. ábra. A hidraulika-rendszer érintőképernyős kezelőpanelja [7]



9. ábra. Kotrókanál cseréje a hidraulikus gyorscsatlakozóval [8]



10. ábra. Bontási törmelék mozgatása Wisent 2 AEV segítségével (Forrás: FFG)

bontási feladatokat is képes végrehajtani mind a harctéri, mind a katasztrófavédelmi feladatok során. (10. ábra)

A WISENT 2 BL HÍDRAKÓ ESZKÖZ

Fontos műszaki támogatási feladat a keskeny vízi vagy száraz medrű akadályok leküzdésének elősegítése. Hidrakó eszközként (BL) a WiSENT 2 a csuklós kotrókarja végén

11. ábra. A nyompályás hídelem felemelése szállítási helyzetből [6]





12. ábra. A hídelem mozgatása az előrenyújtott kotrókarral [9]

található hidraulikus gyorscsatlakozóval képes kapcsolódni egy kis méretű, 12 m hosszúságú, MLC80³ teherbírású nyompályás acél hídelemhez, azt az alváz felső részén szállítani, majd a szükséges helyen lerakni. (11. ábra)

A hídrakó képesség az eddig gyártott valamennyi WiSENT eszközhöz alkalmazható, előtte azonban frissíteni kell a kezelőszoftvert. A lerakott hidat azt követően bármelyik eszköz képes lesz felemelni és szállítani, majd máshol újra telepíteni. (12. ábra).

A WiSENT 2 MB ÁTJÁRÓNYÍTÓ JÁRMŰ

Átjárónyitó járműként (MB) a talajfelszín alá telepített aknákból álló aknamezőben történő átjárónyitásra alkalmazható. E feladat végrehajtásához az ARV vagy AEV eszköz elején, a tololap helyére egy keses aknakifordító berende-

zést (13., 14. ábra) kell csatlakoztatni, amely a jármű előtt, annak teljes szélességében kifordítja az aknákat és egy összefüggő átjárót nyit, így tehát nincs szükség a nyomások közötti további aknamezítésre.

A mágneses közelségi gyűjtővel rendelkező aknák elműködteséhez felszerelhető egy mágneses mezőt generáló ún. jelduplikátor. A felszínre telepített döntőpálcás aknák és egyéb robbanószerkezetek elműködteséhez pedig egy kifeszített láncokból álló mentesítő berendezést alkalmazása lehetséges.

A jármű hátsó részére az aknamezítés, biztonságos sáv két szélének megjelöléséhez felszerelhető egy speciális jelölőberendezés, amely adott távközönként egy fényvisszaverő felülettel rendelkező jelölőrudat lő bele a talajba (15. ábra). A nyitott átjáróra zárkózó harcoló alegységek, a rudak segítségével minden esetben észlelik a biztonságos terület határait, ahol az aknamezőn áthaladhatnak.

Az átjárónyitó eszközre történő átalakítás 1 óra alatt végrehajtható, külső eszközt nem igényel, a saját darugém vagy kotrókar segítségével megoldható. A csatlakoztatott munkaszerveket a rendszer automatikusan felismeri, kiegészítő beállítást nem igényelnek.

Az alváza, szükség esetén még a reaktív töltetes átjárónyitók (pl. MICLIC vagy Plofadder) is csatlakoztathatók. Az aknamezítő felszerelés miatt a jármű hosszúsága 15 280 mm, a szélessége 3540 mm, a magassága 3100 mm.

ÖSSZEZÉS

A WiSENT 2 munkagép igazi többrendeltetésű eszköz, négy különböző munkagépet is egyesít magában. Minden katonai műveletben, akár különleges körülmények között is

13. ábra. WiSENT 2 MB gépváltozat aknakifordítóval és darugémmel (Forrás: FFG)





14. ábra. MB gépváltozat aknakifordítóval és sávjelölővel, munka közben (Forrás: FFG)



15. ábra. Az aknamentes átjáró szélének jelölése [10]

hatékonyan alkalmazható, békeidőszakban katasztrófavédelmi (kárrelhárítási, kárfelszámolási) feladatokra is igénybe vehető. Kiváló manőverező és terepjáró képességgel rendelkezik, és páncélzata megfelelő védelmet biztosít a kezelőállomány részére.

A munkaszervek cseréje gyorsan végrehajtható. A legnagyobb időt igénylő feladat a mentő-vontató jármű és a műszaki munkagép közötti átalakítási folyamat, amelyhez mindkét átalakítási irányban közel 5 óra és egy másik, emelőszerkezettel rendelkező eszköz szükséges. A többi gépváltozatra történő átalakításhoz egyórányi idő sem kell, a nehezebb munkaszervek (tolólap, késes aknakifordító) le- és felszerelése a saját daruval, kotrókarral elvégezhető.

A műszaki mentőkészlet (darugém, tolólap, harctéri vontatórendszer), a műszaki munkagéphez szükséges munkaszervek (csuklós kotrókar, különböző kanalak, tömörítő, kötő), valamint az aknamentesítő készlet (keses aknakifordító, mágneses jelduplikátor, sávjelölő) részeit 20 és 40 láb hosszúságú konténerekbe⁴ készletezve, a rendelt összetételben szállítja a gyártó FFG vállalat.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Kurcz Kristóf, Vég Róbert, Hegedűs Ernő: A Leopard 2 harckocsicsalád és a Magyar Honvédség 2A4 és 2A7+ típusváltozatai. I. rész. Haditechnika 54. 2020/5. pp. 2–7. <https://doi.org/10.23713/HT.54.5.01>;
- [2] Tóth András: A Leopard harckocsi magyar típusváltozata: a Leopard 2A7HU Haditechnika LVI. évf. 2022/6. pp. 27–32. DOI: 10.23713/HT.56.6.05;

- [3] Wojskowe Zakłady Motoryzacyjne SA.: Sajtóközlemény 2016.09.20. <https://www.wzm.pl/?p=2170> (Letöltve: 2023.01.28.) <https://doi.org/10.1055/s-0043-1763540>;
- [4] Armada International, Safe Driving Under Hatch with the “Armor Eye” Driver Vision System Kappa optronics Introduces Complete DVE/LSAS System for Armored Ground Vehicles 2020.11.02. <https://www.armadainternational.com/2020/11/safe-driving-under-hatch-with-the-armor-eye-driver-vision-system/> (Letöltve: 2023.01.28.);
- [5] Latest Developments in AEV Technology MilEng COE Symposium, 2018. 12. 04. <http://milengcoe.org/events/SiteAssets/FFG%20Presentation.pdf> (Letöltve: 2023.01.28.);
- [6] FFG WiSENT 2 PERFORMANCE DATA PRODUCT ADVANTAGES <https://www.ffg-flensburg.de/en/products/ffg-developments/wisent-2/> (Letöltve: 2023.01.28.);
- [7] FFG WiSENT 2 Armored Recovery/Armored Engineering Vehicle <https://www.youtube.com/watch?v=YxKcflsqwMk> (Letöltve: 2023.01.28.);
- [8] FFG: WiSENT 2 AEV / ARV <https://www.youtube.com/watch?v=ANFHPyPMcXQ&t=45s> (Letöltve: 2023.01.28.);
- [9] Heiming, G. WiSENT 2 als taktischer Brückenleger 2020.03.05. Europäische Sicherheit und Technik <https://esut.de/2020/03/meldungen/ruestung2/19238/wisent-2-als-taktischer-brueckenleger/> (Letöltve: 2023.01.28.);
- [10] 10 Most Amazing Military Engineering Vehicles in the World <https://www.youtube.com/watch?v=Gmkl1R3Na6s> (Letöltve: 2023.01.28.).

JEGYZETEK

- 1 A HHP keretében beszerzett eszközökről lásd részletesen Végvári Zsolt: Modern haditechnika, új konstrukciós megoldások és szerkezeti anyagok, megújuló képzés című tanulmányát lapszámunk 58–67. oldalán. (A szerk.)
- 2 Standardization Agreement (STANAG): Egységesítési Egyezmény. STANAG 4569 Protection Levels for Occupants of Logistic and Light Armored Vehicles: Védelmi szintek a logisztikai és könnyű páncélozott járművek utasai számára.
- 3 Military Load Class (MLC): katonai terhelhetőségi osztály.
- 4 A 20 és a 40 láb hosszúságú konténerek adatai mm-ben: hosszúság 6058/12192; szélesség 2438/2438; magasság 2591/2591.

1. ábra. A Lynx KF41 gyalogsági harcjármű 65 km/h feletti sebesség elérésére képes (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Kertész László)



Végvári Zsolt*

Modern haditechnika, új konstrukciós megoldások és szerkezeti anyagok, megújuló képzés

BEVEZETÉS

A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program¹ (HHP) egyik kiemelt célja a csúcstechnológia megjelenítése a hazai haderőben, teljes átfegyverzés végrehajtása a NATO-követelményei szerint, ennek érdekében a kor színvonalának megfelelő, modern haditechnikai eszközök beszerzése. [1] A tanulmány a Magyar Honvédség (MH) szárazföldi haderőnemének a HHP keretében beszerzett haditechnikai eszközei közül ismerteti a legfontosabbakat. A téma aktualitása mellett fontos információ, hogy a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai Tanszékének oktatói (akik egyike e cikk szerzője) – a hatékony oktatás érdekében megkezdtek a fejlesztések adta témák feldolgozását, publikációk közzétételét, jegyzetek írását az új haditechnikai eszközökről.

Az MH HHP keretében beszerzett új hadfelszerelése már minden tekintetben a 21. század technológiáját képviseli, ezért Magyarország 2021-ben megjelent Nemzeti Katonai Stratégiája már ezekkel a képességekkel számol a következő években. [2] Az új harcjárművek például már nappali és éjszakai harcra egyaránt alkalmasak, fejlett lézertávérővel és tűzvezető számítógéppel rendelkeznek, illetve jó alapot biztosítanak a hálózatos hadviselés megvalósítására is. Néhány eszköztípust fejlett aktív védelmi rendszerrel is elláttak. A járművek erőátviteli rendszere korszerű, sebességváltójuk automatikus működésű. Az állóhelyzeti áramellátás biztosítása érdekében az új harcjárműveket – a NATO gyakorlatának megfelelően – saját aggregátorral szerelték fel. [3] [4] A kézfegyverek körében az új, hátrasiklás nélküli fegyvernél, és az egyéni lőfegyvereknél is, szer-

ÖSSZEFOGLALÁS: A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program (HHP) a haderő számos elemét érintő, átfogó folyamat. Nemcsak új haditechnikai eszközöket szerez be Magyarország, de módosul az azokhoz kapcsolódó alkalmazási eljárás, a kiszolgálás logisztikai rendszere, valamint a kiképzés is. A szerző jelen tanulmányában a HHP keretében Magyar Honvédség szárazföldi haderőnemének számára beszerzett haditechnikai eszközei közül ismerteti a legfontosabbakat.

KULCSSZAVAK: Magyar Honvédség, Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program, szárazföldi haderőnem, haditechnikai eszközök, megújuló képzés

ABSTRACT: The Defence and Military Development Programme (HHP) is a largescale process involving many elements of the armed forces. But not only new military equipment are being procured, the associated using methods, logistics, delivery and training systems are also being modified. Of the above, this study describes the most important military equipment procured for the Hungarian Defence Forces under the HHP.

KEY WORDS: Hungarian Defence Forces, Defence and Military Development Programme, land forces, military equipment, renewable training

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

kezeti anyagként már egyre nagyobb területen jelennek meg a kompozitanyagok, műanyagok.

Mivel a HHP minden fegyvernemet érintő fejlesztéseivel párhuzamosan egy hadiipari fejlesztési program is megvalósul, az új haditechnikai eszközök egy részét már a hazánkban újonnan létrehozott hadiipari üzemek gyártják. [5] A HHP kiemelkedő eredményeként mutatható fel az MH-ban rendszeresített CZ BREN kézfegyvercsalád – a Česka Zbrojovka BREN 2 gépkarabély, a Scorpion Evo 3 géppisztoly és a CZ P-07/P-09 pisztolyok – hazai licencgyártásának megszervezése a kiskunfélegyházi TERRA Zrt.-nél. A hazai kézfegyvergyár mellett a következő években működni kezd a harcjármű- és a lőszergyártás magyar hadiipari háttere is.

Mindezek alapján az új haditechnikai eszközök megkövetelik a megújuló oktatási tartalmakat a Nemzeti Közszolgálati Egyetem (NKE) Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai Tanszékének (HHK HT) oktatóitól is. Ennek jegyében – az új eszközök modern megoldásaihoz igazodva – a tananyagba nagyobb mértékben épülnek be az alkalmazott bolygóműves automata sebességváltókkal, kompozit anyagokkal, új fegyverzettechnikai eszközökkel kapcsolatos ismeretek. [6] [7] [8] Megemlítendő továbbá, hogy – az NKE és az Óbudai Egyetem között létrejött együttműködési megállapodás alapján – a HHK HT oktatói végzik az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész- és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar gépészmérnök alapszak harcjármű-technikai specializáción tanuló mérnökhallgatók képzését is. Ennek során az MH szárazföldi haderőnemének a HHP keretében beszerzett haditechnikai eszközei szintén az oktatás tartalmi elemei közé tartoznak.

A MAGYAR HONVÉDSÉG SZÁRAZFÖLDI HADERŐNEMÉNEK A HONVÉDELMI ÉS HADERŐFEJLESZTÉSI PROGRAM KERETÉBEN BESZERZETT HADITECHNIKAI ESZKÖZEI

HARCJÁRMŰVEK

A LEOPARD 2A4HU HARCKOCSI

A HHP keretében, elsőként – 2020-ban – 12 db Leopard 2A4 harckocsi állt hadrendbe az MH-ban, Leopard 2A4HU elnevezéssel. [9] [10] A Leopard 2 harckocsi A4-es változatának főbb konstrukciós és műszaki jellemzői:

- Rheinmetall 120 mm űrméretű, sima csövű löveg,
- korszerű lézertáv mérő és számítógép alapú tűzvezető rendszer,
- kazamatás kompozitszerkezetű síklemez páncélzat,
- töltőlevegő-visszahűtéses, turbódízel erőforrás,
- hidrodinamikus tengelykapcsoló és bolygóműves automata sebességváltó,
- torziós rugózású felfüggesztés.

A számítógép alapú tűzvezető rendszer lézertáv mérővel állapítja meg a cél távolságát, így a harckocsi mozgó, páncélozott célok ellen akár a jelentős, 5000 m-es távolságon is eredményesen veheti fel a harcot. A 120 mm űrméretű lövegből kilőtt, űrméret alatti nyíllövedék 1650 m/s kezdősebességéhez 750 mm homogén acélpáncél-átütési képesség társul, amely bármely ma ismert harckocsi leküzdésére alkalmassá teszi a Leopard 2A4-est. A harckocsi tömege 55 tonna. A mintegy 600–700 mm-es ekvivalens páncélvastagságú, réteges frontpáncélzata magas szintű védettséget biztosít, amelyet számos passzív védelmet

2. ábra. A Magyar Honvédség Leopard 2A4HU harckocsija (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Kismartoni Mátyás)



növelő megoldás – pl. a toronytól elkülönített lőszer tároló kamra, ködgránátvető, hatékony álcázófestés, automata tűztöltő-berendezés stb. – egészíti ki és fokoz. A harckocsi önvédelmi fegyverét légi célok ellen is alkalmazható FN MAG párhuzamosított géppuskák képezik. A harckocsi kezelőszemélyzete 4 fő: parancsnok, irányzó, járművezető és töltőkezelő. A 1100 kW (1500 LE) teljesítményű motor és a Wilson-rendszerű automata sebességváltó együttesen jelentős mozgékonyt biztosít a harckocsinak (kiegészülve a nagy sebességű hátrameneti képességgel is). [11] A harckocsi maximális sebessége 72 km/h (hátramenetben: 36 km/h). Hatótávolsága közúton egy tüzelőanyag-feltöltéssel 550 km, terepen 280 km. A Leopard 2A4HU harckocsi ilyen módon a tüzérő, a védelem és a mozgékony területén egyaránt kiemelkedő képességekkel rendelkezik.

A német gyártó 2023 júniusában kezdi meg a Magyar Honvédség számára a korszerűbb, a Leopard 2A7HU harckocsik leszállítását. A Leopard 2A7HU változat fokozott elektronikai képességgel és védelemmel, illetve hosszabb csövű, így nagyobb erejű, L/55 űrméretű lövegvel rendelkezik majd. Tömege: 68 tonna, de a körkörös védelemre optimalizált ún. „Urban-kit”-tel ez elérheti akár az 75 tonnát is.

A PzH 2000HU ÖNJÁRÓ LÖVEG

A PzH 2000HU (Panzerhaubitze) önjáró lövegeket 2022 második félévétől folyamatosan szállítja a gyártó az MH számára.² A szerződésben foglalt mennyiség 24 db, amelyből a Krauss-Maffei Wegmann (KMW) konzorcium eddig négy példányt szállított le az üzemeltető alakulat számára. A PzH 2000 napjaink egyik leghatékonyabb, pán-

célozott 155 mm űrméretű löveggel szerelt, önjáró, csöves tüzérségi rendszere, amelynek az MH igényei szerint leggyártott változata a PzH 2000HU típus. A PzH 2000 önjáró lövegnek – számos korszerű tüzvezető berendezése és magas fokú automatizáltsága miatt – figyelemre méltóak a tűzgyorsasági, csőhosszának köszönhetően pedig a lőtávolságadatai. Fő fegyverzete egy huzagolt csövű, keménykrómozott, 155 mm űrméretű L/52 űrméret-hosszúságú ágyú, amely csőszájjékkal, nyolc méter hosszú. Jellemzője továbbá az integrált tüzvezető számítógép, a hibrid navigációs rendszer, a magas fokú mobilitás, valamint az irányzási és töltési folyamat automatizáltsága. Az eszköz bármilyen cső- és toronypozícióban képes tüzelni. A löveg tüzeléskor akár 700–730 mm-t is képes hátrafelé elmozdulni, ezért a küzdőtérben a feladatellátás kiemelten szigorú szabályokhoz kötött.

Az eszköz töltése részben automatikus, a lövedékeket a lövedéktárolóból egy három fő részegységből álló, elektromosan és pneumatikusan mozgatott rendszer tölti be, illetve a gránátok kilövésére szolgáló préstesteket a töltőkezelő kézzel helyezi be a csőfarba. A préstestek tárolása a torony hátsó, biztonsági rekeszében 20–22 °C hőmérsékleten történik. A 60 darab lövedéket a bonyolult automatikus rendszeren keresztül 15-20 perc alatt be lehet málházni. Az eszköz lőtávolsága 30–40 km, amely rakétapóthajtású lőszerrel 56 km-es lőtávolsáig növelhető. A lövegcsőre egy fázisvezérelt radart építettek, amellyel a PzH 2000 tüzvezető rendszere a kilőtt lövedéket nyomon követi, és oldalszél mérésre is alkalmas. Az autonóm tüzvezetési funkciókat egy, a világ élvonalába tartozó digitális lövelemképző rendszer biztosítja annak érdekében, hogy már az első tűzcsapás megsemmisítő erejű legyen. A töltőberendezésnek köszönhetően tűzgyorsasága 3 lövés/10 sec, de akár 10 lövést is képes leadni egy percen belül. Az MRSI



3. ábra. Egy holland PzH 2000 önjáró löveg, működés közben Afganisztánban [27]

(Multiple Round Simultaneous Impact) tüzelési módban, egy célpontot pár másodpercen belül, több eltérő röppályán haladó lövedékkel lehet támadni: így három-öt egymást követő lövéssel egyidejű tűzcsapásra képes. Az MRSI kiváló hatékonyságát mutatja, hogy 17 km-es lőtávolságon, egymás után 5 kilőtt lövedék a céltől 50 m sugarú körön belül összesen 1-1,2 s alatt csapódik be, ezzel jelentős pusztítást végez. Mindez harcászati szempontból is kedvező, hiszen lerövidül a telepítés és a tűzkiváltás ideje, illetve megnő a találati pontosság, amely 40 km-es lőtávolság esetén 30-40 m. A harceszköz, közvetlen irányzással páncélozott célokat 1200 méterig képes leküzdeni. A tűzhelyzetnek megfelelő lövedék és töltet kiválasztását számítógépek vezérlik a töltőkezelők utasításai alapján. A löveg löszerjavadalmaszása 60 darab lövedék és 288 darab lőpor-préstest, külön, illetve előre csomagolva. A lövedékek időzíthető gyújtóinak beállítását a töltési folyamat közben – a fedélzeti tűzvezető rendszer által meghatározott paraméterek alapján – a töltőberendezésbe épített gyújtóállító készülék végzi, indukciós elven. (A löveghez mechanikus, időzített gyújtójú lövedékeket is alkalmazhatnak.) Az 56 t tömegű önjáró löveg a 735 kW (1000 LE) teljesítményű, turbófeltöltéses dízelüzemű motor, és az automata sebességváltó segítségével 60 km/h maximális sebességre képes, miközben hatótávolsága egy tüzelőanyag-feltöltéssel 420 km. [26] A PzH 2000 önjáró löveg ezáltal képes együtt mozogni a Leopard 2 harckocsikötélékekkel, miközben hatékony tűztámogatást nyújthat³. A PzH 2000 páncélzata – amely megvédi a járművet az ellenfél tűzériji lövedékeinek reszeitől, illetve a kézfegyverek tüzeitől – modulrendszerű, hegesztett acélpáncéllemezekből készült, és szükség esetén kiegészíthető reaktív pótpáncélzattal is. A torony tetejére kiegészítő ballisztikai védőelem szerelhető. Az MH igényei szerint készült harcjármű tetejére önvédelmi célból egy 7,62 mm űrméretű géppuskát is beépítettek, amely légi és földi célok ellen egyaránt alkalmazható. A harcjármű túlélőképességének növeléséhez a 2 x 4 darab 76 mm űrméretű ködgránátvető jelentősen hozzájárul.

A Panzerhaubitze 2000 önjáró lövegek az MH Klapka György 1. Páncélosdandár 101. Tüzérsztyáához kerülnek. Az önjáró lövegek mellett, a tatak alakulat technikai felderítő képességgel és digitális tűzvezető rendszerrel is erősödik. Az optikai felderítés – ahol a felderítő vizuális megfigyeléssel deríti fel a célokat – csak az egyik módszer lesz, emellett rádiólokációs felderítő eszközöket is vásárolt az MH, amelyek a vizuálisan nem megfigyelhető célokat is képesek felderíteni. Az új rendszer másik fontos képessége a tűzeszköz-felderítés: ennek keretében olyan radarok is érkeznek majd, amelyek a kilőtt tűzériji lövedékek röppályáját elemezve képesek meghatározni, hogy honnan lötték ki azokat. Így a digitális tűzvezető rendszer segítségével, a lokátor felderítési adatai alapján a szemben álló fél tűzériji eszközeit a saját PzH 2000 HU eszközökkel nagyon gyors reakcióidővel lehet majd pusztítani. Emellett az új tűzériji radarok egyfajta riasztórendszerként is funkcionálnak majd: a röppálya kiszámítása alapján képesek figyelmeztetni a veszélyeztetett területen lévő alegységeket a közelgő ellenséges tűzériji tűzcsapásra.

A 101. Tüzérsztyál rendelkezik majd meteorológiai állomásokkal is, mivel a lövedék repülését a célba csapódásig befolyásolja a szél sebessége és iránya, a légnyomásváltozás, a hőmérséklet – az ezek által okozott eltérés kiküszöbölésére használják fel a meteorológiai adatokat. A meteorológiai állomások ballonok segítségével képesek megállapítani mindazon adatokat, amelyek figyelembevételével növelhetik a tűzvezetés pontosságát.

A tűzérsztyál a Krauss-Maffei Wegmann (KMW) cégtől érkező iC2 Artillery (Integrated Command and Control) tűzvezető rendszert használja majd. Ez egy tűzvezető és egy korlátozott képességű harcvezető rendszer, így a tűzérsztyál önállóan végre tudja hajtani a tűz, és a harc vezetését is. Az optikai felderítőeszközök, a mozgó célfelderítő és tűzeszköz-felderítő lokátorok, a hangfelderítő alegység egy időben jelentős mennyiségű felderítési információt képes rendelkezésre bocsátani. Az állomány ezeket a bejövő információkat összegyűjti, értelmezi, értékeli, majd eljuttatja az osztályvezetési elemhez, ahol egy újabb értékelés alapján az osztályparancsnokság és a törzs meghatározza, hogy melyik célt pusztítja, és milyen módszerrel. A felderítőrendszereket a Gidrán harcjármű bázisára telepítik. A jelenleg is zajló orosz-ukrán háború tapasztalatai alapján a jövőbeni fejlesztés a pilóta nélküli felderítő repülőgépek integrálása lehet – erre példa a Bundeswehr 131. tűzérsztyál hadrendjében megtalálható drónokkal felszerelt tűzérfelderítő szakasz.

A GIDRÁN 4x4 NÖVELT AKNAVÉDELEMMEL ELLÁTOTT HARCJÁRMŰ

Az MH meglévő kerek, páncélozott szállító harcjárműveinek védelmi képessége elmarad a korszerű harcjárműveiktől. Ezeket a képességeket és műszaki követelményeket már több szerző is kifejtette publikációk sorában. [17] [18] [19] Az MH új generációs Ejder Yalcin 4x4 kerékképletű, növelt aknavédelemmel ellátott alapharcjárművét 2012-ben tervezte meg a Nurol Makina török vállalat. Az Ejder Yalcin jármű alapváltozata páncélozott csapatszállítónak készült, sorozatgyártását a gyár 2015-ben kezdte meg. A páncélozott járművek magyar igények szerint felszerelt első példányai – Gidrán néven – 2021 februárjában kerültek az MH állományába. [20]

A beszerzésre tervezett teljes mennyiség mintegy 350 darab jármű, amelyek változatai több terület igényeit is lefedik majd, például: felderítés, sebesültszállítás, tűztámogatás biztosítása stb. A Gidrán harcjármű szerkezeti tömege 14 t, maximális teherbírása 4 t. [21] A jármű maximális sebessége 120 km/h, hatótávolsága egy tüzelőanyag-feltöltéssel 700 km. Alapértelmezetten hatsebességes automata sebességváltóval, szervokormányval és ABS-rendszerrel szerelik fel. A harcjármű dízelüzemű, turbófeltöltéses motorja a Cummins vállalat terméke, típusjelölése ISL8.9, amelynek teljesítménye 295 kW (375 LE). A harcjármű RUN-FLAT gumiabroncsokkal, és emellett központi ab-

4. ábra. A Magyar Honvédség növelt aknavédelemmel ellátott Gidrán harcjárműve, Aselsan SARP fegyverplatformmal
(Fotó: Somogyi András főtörzsőrmester)



roncsfújó rendszerrel (CTIS) is rendelkezik. A Gidrán harc-jármű páncélatának ballisztikai védelme STANAG 4569 Level 2b szintű, azaz védelmet nyújt a 7,62 mm űrméretű páncéltörő karabélylőszerkezetek lövedéke ellen. A harc-jármű akna elleni védelme Level 4b, azaz ellenáll a 10 kg tömegű aknák kerek alatti robbanásának is. A jármű V-alakú haspáncéllal rendelkezik és belső tere lebegőpadlós kialakítású, amely aknára futás esetén a járműre ható, a személyzetre káros lökéshullámok elterelésére és elnyelésére szolgál, az ugyancsak ebből a célból beszerelt robbanás-biztos bekötésű ülésekkel együtt. A jármű automatikus tűzoltó és tűzfelfújtó rendszerrel is rendelkezik. A motortér a jármű elején helyezkedik el. A járműben a vezető a bal oldali első ülésben foglal helyet, a járműparancsnok mellette, a jobb oldalon. Mögöttük további három önálló ülés áll rendelkezésre. A jármű hátsó részében – a jobb és a bal oldalon, két-két egymás felé néző ülésben – további négy fő szállítására nyílik lehetőség.

A jármű tetőpáncéljára az Aselsan által gyártott SARP fegyverplatformot szerelik fel, amelyen 40 mm űrméretű automata gránátvető, 12,7 mm űrméretű nehézgéppuska vagy 7,62 mm űrméretű géppuska is elhelyezhető. A járműre az Aselsan vállalat által gyártott ATS-60 elektro-optikai szenzor- és lövésérzékelő rendszert telepítették. A SEDA lövésérzékelő rendszer (egyben akusztikus alapú céldetektáló rendszer), amely a jármű tetejére szerelt SARP fegyverplatformhoz kapcsolódik. A jármű külső részére körkörös felszerelt kamerák a járművet körülvevő tér figyelését nemcsak nappali, hanem éjszakai fényviszonyok között is lehetővé teszik. A járművezető, a parancsnok, valamint a toronylövész számára a feladattól függően külön nappali, illetve éjszakai optikai eszközök is beszerel-

hetők. A Gidrán harc-jármű tüzér bemérő, kidolgozó és felderítő felépítményű, illetve tervezett a 120 mm-es aknavetővel felszerelt változatának rendszeresítése is. A harc-járműtípus török licenc alapján történő sorozatgyártását – a német Rheinmetall vállalat közreműködésével – Kaposvárra⁴ tervezik. (A Gidrán kisebb méretű változata, a 10 ton-nás Yörük 4×4 növelt aknavédelemmel ellátott harc-jármű, amelynek kialakítása főbb vonalaiban megegyezik a Gidránéval. Az NMS harc-jármű felderítési és különleges műveleti feladatokra optimalizált, védeltsége STANAG 4569 Level 1. szintnek felel meg.) [22]

A LYNX KF41 GYALOGSÁGI HARCJÁRMŰ

A Lynx KF41 páncélozott gyalogsági harc-jármű a 21. századi elvek alapján épített, egyik legkorszerűbb harc-jármű. A Magyar Honvédség 218 darab Lynx gyalogsági harc-jármű alvázán kialakított speciális harc-járművet rendelt meg Németországból, amelyből tervezetten mintegy 176 darabot már a zalaegerszegi Rheinmetall Hungary Zrt. gyárt le 2023–2030 között. A világ legmodernebb haditechnikai eszközei közé sorolható harc-jármű harcászati képességei és mennyisége alapjaiban határozza meg az MH jövőbeni magas szintű képességeit.

A Lynx KF41 védeltsége, tűzereje és mozgékony-sága, illetve felderítési, tűzvezetési, kommunikációs és elektronikai képességei a saját kategóriájában rendkívül magas szintűek. [12] [13] [14] A harc-jármű ballisztikai védeltsége igen magas fokú (STANAG 4569 Level 5/6), amely ellenáll a 30×165 mm-es – jellemzően szovjet/országi eredetű – harc-járművek és harci helikopterek fedélzeti fegyvereiből kilőtt

5. ábra. Lynx KF41 gyalogsági harc-jármű (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Kertész László)



30x165 mm APFSDS-T löszerek lövedékeinek is. Passzív elemekkel – kettőzött védettséggű löszertároló, külső elhelyezésű üzemanyagtároló- és hidraulika-elemek – tovább növelték a védettséget. Ez a védettség moduláris páncélzattal, illetve a Rheinmetall StrikeShield aktív védelmi rendszer alkalmazásával tovább növelhető. [15] [16] A Lynx gyalogsági harcjárművön alkalmazott fegyverzeti variációk: 30 mm űrméretű Rheinmetall MK30-2 géppágyú vagy 35 mm űrméretű Wotan 35 géppágyú, illetve a löveggel párhuzamosított 7,62 mm űrméretű géppuska, továbbá a toronyban egy 12,7 mm űrméretű géppuska. A géppágyú űrméret alatti szárnystabilizált nyíllövedéke közepesen páncélozott célok ellen is hatékony. Harckocsik ellen a Lynx harcjármű leghatékonyabb fegyvere ugyanakkor a torony bal oldalára integrált rakétaegység, amelyből kettő darab – az Eurospike által gyártott SPIKE LR vagy LR2 – páncéltörő rakéta indítható. A Lynx KF41 Lance 2.0 toronyánál a rakétatároló egység a torony bal oldalának szerves részét képezi, ebből hajtható és emelhető ki. A rakéta 5500 méterig a legtöbb páncélozott cél megsemmisítésére alkalmas, páncéltűrési képessége homogén acélpáncélzatra (RHA) vetítve 700 mm feletti. A Lynx személyzete a harcjármű-vezető, az irányzó és a harcjármű-parancsnok. A szállított lövészek létszáma: 8 fő teljes fegyverzettel – akik a robbanások hatásainak csökkenését biztosító ülésekben foglalnak helyet. Az ülések energiaelnyelő felfüggesztéssel és önálló lábtartóval rendelkeznek. A katonák harcba vetése a hátsó, lenyitható rámpán keresztül történik. A Lynx gyalogsági harcjármű tömege a harckocsikét megközelítő 48 tona. Motorját – ellentétben a Leopard harckocsikéval – nem az MTU, hanem a szintén német eredetű Liebherr vállalat szállítja, teljesítménye 800 kW (1090 LE). A 6 sebességes

hidrodinamikus-bolygómvés automata sebességváltója a Puma páncélozott gyalogsági harcjárműből származik, amely – a szabályozható teljesítményű hidraulikus lengescsillapítókkal együtt – rendkívül jó mozgékonytárat biztosít a gyalogsági harcjárműnek. Mozgékonytáratát a 65 km/h feletti sebesség, illetve a 600 km hatótávolság jellemzi. Az alkalmazott lánctalpak – a hatékony harctéri logisztika megvalósítása érdekében – megegyeznek a PzH 2000 önjáró löveg lánctalpaival. Jelenleg fejlesztés alatt áll a Lynx gyalogsági harcjármű 50 mm űrméretű géppágyúval felszerelendő típusváltozata, amelynek kialakítása részben Zalaegerszegen⁵ történik majd. A magyar gyár egyik előnye, hogy közvetlenül mellette a harcjárművek tesztelésére is alkalmas próbapálya épült. A deszanttér kihasználásával a harcjárműből később készül majd felderítő, tűzvédelmi tűzmegfigyelő, sebességtároló és önjáró aknavető változat, valamint felmerült az eszköz alkalmassá tétele a 120 mm űrméretű harckocsipágyú hordozására, így egyfajta páncélvadászt létrehozva.

A POLARIS MRZR 4 KÜLÖNLEGES MŰVELTI ULTRAKÖNNYŰ JÁRMŰ

A Magyar Honvédség különleges művelti erői számára 2016-ban – négy évvel a HHP meghirdetése előtt, de már a haderőmodernizáció jegyében – 12 darab MRZR 4 ultrakönnnyű harcászati terepjárót szerzett be. A járműcsaládot 2007–2008 között fejlesztette ki az amerikai Polaris Industries. A 2 és 4 üléses változatú MRZR-járművek, feladataikat tekintve széles körben alkalmazhatók. Élőerő szállításán kívül alkalmasak felderítésre, sebességtárolásra, határvédelemre, valamint a járműre szerelt fegyverekkel harctámogató szerepkörre is.

6. ábra. Polaris MRZR 4 ultrakönnnyű taktikai jármű (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / RácZ Tünde)





7. ábra. Carl-Gustaf M4 hátrasiklás nélküli fegyver (Fotó: Merckle Bálint)

A 867 kg tömegű jármű 4 fő – a nagyobb változatnál opcionális hátrafordított ülésekkel 6 fő – szállítására alkalmas. Hasznos terhelése 680 kg. Hatótávolsága 250 km. Motorja 4 ütemű benzin üzemű, elektronikus üzemanyag-befecskendezéses, vízhűtéses, 75 kW (100 LE) teljesítményre képes. Maximális sebessége 96 km/h. A sebességváltó fokozatmentes CVT-rendszerű⁶; a jármű 4x4 kerékképletű. Az MRZR 4-es légi úton történő szállításra is alkalmas, és a szintén a HHK keretében beszerzendő Airbus H225M közepes szállítóhelikopterekkel külső teherként is szállítható. A MRZR járművekhez utánfutó is csatlakoztatható, amely alkalmazásával tovább nő a hasznos teher, valamint a szállítható személyek száma. [23]

KÉZIFEGYVEREK

A CARL-GUSTAF M4 HÁTRASIKLÁS NÉLKÜLI FEGYVER

Carl-Gustaf kézi páncéltörő fegyvert a Magyar Honvédség páncéltörő képességének fejlesztése érdekében rendszeresítették. A Carl-Gustaf M4 típusú, vállról indítható, többcélú, hátrasiklás nélküli (HSN) támogató fegyver egy 84 mm űrméretű eszköz, amely huzagolt fegyvercsővel készült. A fegyver 500–1000 méteres (lőszerfüggő) lőtávolsággal rendelkezik, páncéltörő lövedéke 400–700 m-ről képes hatékonyan megsemmisíteni páncélozott célpontokat, akár 400–500 mm homogén acélpáncélnak megfelelő páncélatatot is képes átütni. Az M4 tömege (vöröspont-irányzókkal) 7,6 kg, a csőhossza 999 mm.

A fegyver tömegének csökkentése érdekében szénszálas, kompozit védőburkolatba beragasztott 84 mm űrméretű, vékony falú, huzagolt, titán bélésű csőből és a csővégre

kapcsolt, kihajtható áramlástechnikai gépelemből, azaz Laval-fúvókás csőtoldatból álló vetőcsövet alkottak. Az alkatrészek gyártásához különféle műanyagokat, és jelentős mennyiségű alumíniumot használtak fel. A Carl-Gustaf M4 taktikai rugalmasságot biztosít az alkalmazható sokféle löszertípus révén. Az eszköz elődeihez képest gyorsabban tölthető, így a lövésszám elérheti a 6 lövés/perc értéket. A rendszernek kétféle alapirányzéka a nyílt irányzék (különböző távolságú skálák a hátsó nyitott látómezőn), illetve a vöröspont-irányzék. A fegyver 3x-os nagyítású monokuláris, passzív éjjellátó előtéttel felszerelhető optikai irányzókkal rendelkezik, amelynek látószöge 17°-os. [24]

A HAZAI GYÁRTÁSÚ CZ BREN KÉZIFEGYVERCSALÁD

A CZ BREN 2 GÉPKARABÉLY

A Magyar Honvédségnél rendszeresített, a cseh Česká zbrojovka Uherský Brod (ČZUB) cég által kifejlesztett CZ BREN 2 gépkarabély jelenleg a lövészkatonák alapfegyverzeté, amely egy moduláris felépítésű, egyes, és sorozat-lövés leadására is alkalmas kézi lőfegyver. A gépkarabély több különböző kaliberű lőszer kilövésére is alkalmassá tehető, gázelveteles, rövid gázdugattyú hátrasiklásos, automata rendszerű fegyver. Rendeltetése szerint az ellenség élőerejének, illetve páncélozatlan földi és légi céljainak célzott lövéssel történő leküzdésére szolgál. A korszerű szerkezeti anyagokból gyártott fegyver felső része alumíniumból, a tok pedig speciális műanyagból készült.

A fegyver szerkezeti tömege a korszerű felhasznált anyagoknak köszönhetően kedvezően csekély. A tömeg a csőhossztól függően (203, 229, 280 és 357 mm) 2,86–3,25 kg



8. ábra. A CZ BREN 2 gépkarabély (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Kismartoni Mátyás)

között változik. A CZ BREN 2 gépkarabélyokat különböző csőhosszúsággal (8", 9", 11" és 14") rendszeresítették, ugyanakkor több különböző kaliberű lőszer kilövésére is átszerelhető, így az 5,56×45 mm űrméretű NATO, a 7,62×51 mm-es és az orosz 7,62×39 mm űrméretű lőszerhez is alkalmazható. A fegyvert – az ergonomikus kialakítás érdekében – állítható, teleszkópos válltámasszal és átszerelhető markolattal alakították ki. A gázhengerbe beáramló gázmennyiség háromállású gázátömlővel vezérelhető. Az első állás a normál körülmények között üzemeltetett fegyverhez szükséges gázmennyiséget biztosítja. A második, növelt gázátömlő-keresztmetszet a nem optimális körülmények közötti lövéshez alkalmazható (pl. fagyban, poros, sáros körülmények között). Ebben az állásban a gázáram nagyobb energiájú, biztosítva ezáltal, hogy a gázdugattyú megfelelően működjön a nehezítő tényezők ellenére is. A harmadik, zárt állás esetén a fegyver ismétlődő rendszerű. A gépkarabély összes csőhossz-típusának tárkapacitása 30 darab lőszer. (A 7,62×51 mm CZ BREN 2 MS 0,233 REM félautomata öntöltő puska 11 és 16 hüvelyk méretű csőhosszúsággal rendelkezik, és támogató fegyverként is alkalmazható.) [25]

A 9×19 mm CZ P09 PISZTOLY

A Magyar Honvédségben 2018-ban rendszeresített 9×19 mm-es CZ P09 pisztoly űrmérete 9 mm. A Česka Zbrojovka által kifejlesztett maroklőfegyver félautomata, azaz öntöltő rendszerű. A fegyver reteszelt tömegzárás, rövid csőhátrasiklásos rendszerű. Az elsütési rendszere kakasos, mindemellett ún. „SA/DA” (single action, double action) rendszerű, amely azt jelenti, hogy a feszített kaka-



9. ábra. Lőgyakorlat 9×19 mm-es lőszerrel tüzelő CZ P09 pisztollyal az MH Altiszti Akadémia belső lötéren (Fotó: honvedelem.hu / Sipos Ferenc zászlós)

sos üzemmód mellett revolverező lövés kiváltására is alkalmas. A 19 darab 9×19 mm-es Parabellum lőszer befogadását biztosító tárcák kialakítását úgy oldották meg, hogy a kezelőnek lehetősége nyíljon a tárban lévő lőszer mennyiségét vizuálisan ellenőrizni. A pisztoly huzagolása jobb irányú, a csőtorkolat standard, normál kialakítású. A CZ P09 pisztolyt a STANAG 4694 vagy MIL-STD-1913 szabványok szerinti szereléksínnel látták el. Ezen felületek kialakítása lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy taktikai eszközöket, lézeres célmegjelölő felszerelést és taktikai lámpákat helyezzenek fel a fegyver felületére, amelyek elősegítik a pontos lövés leadását korlátozott látási viszonyok között is.





10. ábra. Alaki begyakorlás Scorpion Evo 3 géppisztollyal (Fotó: Merckle Bálint)

A SCORPION EVO 3 GÉPPISZTOLY

Az ugyancsak cseh fejlesztésű Scorpion Evo 3 géppisztolyt eddig a Magyar Honvédség katonai rendész alakulatainál rendszeresítették. Rendeltetése szerint rendszeti felhasználású fegyver, élőerő ellen rövid távolságokon (200 m-ig) a rajtaütés és a védelem, valamint a közelharc eszköze. Zárolás szempontjából a fegyver reteszeletlen, vagy tömeggel reteszelt, működés szempontjából szabad tömegzáras rendszerű, amely a legegyszerűbb, egyúttal a viszonylag kis teljesítményű pisztolylőszer (9 × 19 mm-es) miatt elégséges megoldás. A fegyver felhúzókarja mindkét oldalra szerelhető. A fegyver tűzváltó karja négy állással rendelkezik, egyeslövés, hármas tűzcsapás, sorozatlövés, illetve biztosított állás. Irányzéka mechanikus, MIL-STD-1913 szabványú sínre szerelhető, diopteres, nyílt irányzék, de felszerelhető rá egyéb mellett vörspontos irányzék is. Az átbillenthető nézőke négyállású. A tár jellegét tekintve egyenes, kétsoros szekrénytár. A tár áttetsző anyagból készül, a lőszer mennyisége vizuálisan kontrollálható. A válltámasz 180°-ban jobb oldalra behajtható, a hosszúsága három fix pozícióban állítható. [5]

ÖSSZEGRZÉS

A cikkben felsorolt eszközök egy részét – jelesül a kézi fegyvereket –, az MH már rendszeresítette. Ezekhez rendelkezésre áll a megfelelő kiképzési és technikai dokumentáció, így a tisztképzés keretében nemcsak a használatukat ismerik meg a tisztjelöltek, de a fegyverzettechnikai szakirányon végzők azok kiszolgálásának, karbantartásának fogásait is elsajátítják. A Polaris és a Gidrán kivételével, a nagy méretű páncélos eszközök szállítása megkezdődött, szállításuk folyamatos. Jelen kézirat leadásakor (2023 februárjában) a csapatoknál már zajlik az új

eszközökre történő kiképzés, de a Leopard 2A7-esek érkezéséig a három generációval korábbi 2A4 verziót használják. A Lynx gyalogsági harcjárműveknek a teljes specifikációja még nem végleges, a beérkezett példányok csupán a vezetési gyakorlatokra szolgálnak. Ennek megfelelően az NKE HHK-n a páncélos eszközökhöz jelenleg nem áll rendelkezésre részletes dokumentáció, nincsenek a képzést segítő modellek és makettek sem. A technikai részletek egy része minősített információ, így az NKE alapvetően civil jellege is megnehezíti az ilyen jellegű tudás közvetítését. A fentebb ismertetett helyzet ellenére, az NKE HHK Haditechnikai Tanszékének oktatói folyamatosan tanulmányozzák az új technikai eszközöket, és a publikus információkat a szükséges mértékben beépítik a tisztjelöltek szakirányú képzési programjába.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Hegedűs Ernő – Druzsinn József. A Magyar Honvédség szárazföldi és légi haderőnemeinek a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében beszerzett jelentősebb haditechnikai eszközei c. melléklet: 6. fejezet: 8. melléklet. In.: Krizsbai János (szerk.); Hausner Gábor (szerk.); Czövek János; Druzsinn József; Ecsedi László; Elek József; Farkas Ádám; Fischl Vilmos; Hegedűs Ernő; Himmer Péter et al.: *Fiatal tisztek zsebkönyve*. Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó (2022) ISBN: 9789635318223 NKE Közszolgálati Tudásportál;
- [2] A Kormány 1393/2021. (VI. 24.) Korm. határozata Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról Magyar Közlöny 2021. évi 119. szám pp. 5069–5084.;
- [3] Végvári Zsolt. A korszerű harcjárművek áramellátásának sajátosságai 1. rész – Haditechnika 56. évf. (2022) 2. szám pp. 24–28. DOI: 10.23713/HT.56.2.05;

- [4] Végyári Zsolt. A korszerű harcjárművek áramellátásának sajátosságai 2. rész – Haditechnika 56. évf. (2022) 3. szám pp. 21–25. DOI: 10.23713/HT.56.3.04;
- [5] Kurcz Kristóf – Simó Réka – Sebők István – Hegedűs Ernő. Új fegyveripari cégekkel bővült a magyar hadiipar. Haditechnika 54 évf. (2020) 3. szám pp. 51–53. DOI: 10.23713/HT.54.3.09;
- [6] Gyarmati József – Jusztin Karina Zelma – Oláh Brigitta – Vég Róbert László. Oktatástechnikai módszerek változása az NKE HHK Haditechnikai Tanszékén a gépjárműtechnikai képzésben Hadmérnök 16. évf. (2021) 2. szám pp. 33–46. DOI: 10.32567/hm.2021.2.3;
- [7] Gyarmati József – Vég Róbert László. A páncélos- és gépjárműtechnikai szaktisztképzés változása az egyes képzési formák óraszámai alapján Műszaki Katonai Közöny 31. évf. (2021) 2. szám pp. 81–92. DOI: 10.32562/mkk.2021.2.7;
- [8] Gyarmati József – Jusztin Karina Zelma – Vég Róbert László. A gépjármű-diagnosztika oktatásának változásai az NKE HHK Haditechnikai Tanszékén. Hadmérnök 15. évf. (2020) 2. szám pp. 5–18. DOI: 10.32567/hm.2020.2.1;
- [9] Kurcz Kristóf – Vég Róbert – Hegedűs Ernő. A Leopard 2 harckocsicsalád és a Magyar Honvédség 2A4 és 2A7+ típusváltozatai I. rész Haditechnika 54. évf. (2020) 5. szám pp. 2–7. DOI: 10.23713/HT.54.5.01;
- [10] Kurcz Kristóf – Vég Róbert – Hegedűs Ernő. A Leopard 2 harckocsicsalád és a Magyar Honvédség 2A4 és 2A7+ típusváltozatai II. rész Haditechnika 54. évf. (2020) 6. szám pp. 19–21. DOI: 10.23713/HT.54.6.04;
- [11] Gyarmati József – Hegedűs Ernő – Gávay György. Automata sebességváltóban alkalmazott kapcsolt bolygómuvek – Wilson-váltó. Műszaki Katonai Közöny 32. évf. (2022) 3. szám pp. 113–126. DOI: 10.32562/mkk.2022.3.7;
- [12] Ocskay István. A Lynx harcjárműcsalád fejlesztése, technikai leírása és jövője 1. rész. Haditechnika 54. évf. (2020) 6. szám pp. 52–57. DOI: 10.23713/HT.54.6.11;
- [13] Ocskay István. A Lynx harcjárműcsalád fejlesztése, technikai leírása és jövője 2. rész. Haditechnika 55. évf. (2021) 1. szám pp. 46–51. DOI: 10.23713/HT.55.1.09;
- [14] Ocskay István. A Lynx harcjárműcsalád fejlesztése, technikai leírása és jövője 3. rész. Haditechnika 55. évf. (2021) 2. szám pp. 56–62. DOI: 10.23713/HT.55.2.11;
- [15] Végyári, Zsolt: A harckocsik védelmének fejlődése a páncéelhárítás fejlődésének tükrében és az aktív védelmi rendszerek (APS) megjelenése I. rész Haditechnika 52. évf. (2018) 3. szám pp. 20–24. DOI: 10.23713/HT.52.3.05;
- [16] Végyári, Zsolt: A harckocsik védelmének fejlődése a páncéelhárítás fejlődésének tükrében és az aktív védelmi rendszerek (APS) megjelenése II. rész Haditechnika 52. évf. (2018) 4. szám pp. 35–38. DOI: 10.23713/HT.52.4.07;
- [17] Gávay György – Gyarmati József. Napjainkban alkalmazott kerekes harcjárművek és fejlesztésük az elmúlt évtizedekben I. rész: A kerekes harcjárművek és a szovjet/oros BTR járművek korszerűsítése Haditechnika 53. évf. (2019) 6. szám pp. 28–34. DOI: 10.23713/HT.53.6.06;
- [18] Gávay György. Napjainkban alkalmazott kerekes harcjárművek és fejlesztésük az elmúlt évtizedekben II. rész: A kerekes harcjárművek és a szovjet/oros BTR járművek korszerűsítése Haditechnika 54. évf. (2020) 2. szám pp. 16–21. DOI: 10.23713/HT.54.2.03;
- [19] Gávay György: Kerekes harcjárművek védetségének vizsgálata és összehasonlító elemzése az elmúlt évtizedek katonai tapasztalatainak és követelményeinek felhasználásával In: Pohl, Árpád (szerk.) Biztonság és honvédelem: Fenntartható biztonság és társadalmi környezetanulmányok 2 Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó (2020) 2,114 p. pp. 533–552.;
- [20] Vég Róbert László – Sebők István – Havrilla Ferenc. A Gidrán növelt páncélvédetségű harcjármű fegyverzete Haditechnika 56. évf. (2022) 5. szám pp. 39–44. DOI: 10.23713/HT.56.5.08;
- [21] Ocskay István – Vágner Szabolcs. Gidrán – egy növelt aknavédelemmel rendelkező harcjármű megjelenése a Magyar Honvédségben 1. rész. Haditechnika 55. évf. (2021) 3. sz. pp. 57–62. DOI: 10.23713/HT.55.3.10;
- [22] Ocskay István – Vágner Szabolcs. Gidrán – egy növelt aknavédelemmel rendelkező harcjármű megjelenése a Magyar Honvédségben 2. rész. Haditechnika 55. évf. (2021) 4. sz. pp. 47–54. DOI: 10.23713/HT.55.4.09;
- [23] Kelecsényi István. A Magyar Honvédség Polaris MRZR ultrakönnyű harcászati járművei Haditechnika 56. évf. (2022) 2. sz. pp. 39–44. DOI: 10.23713/HT.56.2.08;
- [24] Szirota Anita – Molnár Péter – Sebők István – Hegedűs Ernő. The 84 mm recoilless support weapon system in the armament arsenal of the Hungarian Defence Forces Haditechnika 54. évf. (2020) 2. szám pp. 2–7. DOI: 10.23713/HT.54.2.01;
- [25] Éles Péter. Az 5,56 mm-es CZ BREN 2 gépkarabély Haditechnika 56. évf. 2. szám pp. 7–12. DOI: 10.23713/HT.56.2.02;
- [26] Sály Zoltán. A PzH 2000 önjáró löveg Haditechnika 54. évf., 2. szám (2020): 53–59. <http://doi.org/10.23713/HT.54.2.09>;
- [27] Forrás: Von Gerben van Es/Ministerie van Defensie – <http://www.defensie.nl/onderwerpen/materieel/inhoud/communicatie-en-informatiesystemen/doelgegevens-evaluatie-cel-dec>, CC0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32765794>.

JEGYZETEK

- 1 Korábbi elnevezése: Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program.
- 2 Az NKE HHK HT két oktatója részt vett a gyártó által megszervezett rendszermérnöki tanfolyamon, amelynek keretében alkalmuk volt megtekinteni az eszközök gyártási folyamatát is.
- 3 A harcjármű fegyverzete nem stabilizált, a tűzkiváltáshoz az önjáró lövegnek meg kell állnia.
- 4 A tervek szerint a Gidrán sorozatgyártásának helyszíne az Óbudai Egyetem és Kaposvár önkormányzatának közös projektjeként létrehozandó kaposvári Okosipari Tudományos és Innovációs Park.
- 5 A gyártó cég: a német Rheinmetall Ag. és a magyar állam vegyesvállalata, a Rheinmetall Hungary.
- 6 A CVT (Continuously Variable Transmission – folyamatosan változó sebességváltó) az automatikus sebességváltók egyik típusa. A CVT zökkenőmentes, sima fokozatváltásokat biztosít; nem rendelkezik rögzített pozícióval.

Éles Péter*

Felesleges lövészlőszer szétzereléssel történő hatástalanítása

FELESLEGESSÉ VÁLT LÖVÉSZLŐSZEREK

Az elmúlt évtizedek során a Magyar Néphadsereg, majd a Magyar Honvédség (a továbbiakban: MH) központi lőszerkészleteiben minden lőszerfajtából jelentős mennyiségű felesleg halmozódott fel. Jelen tanulmányomban kizárólag a Kalasnyikov-fegyverrendszerhez tartozó egyes lövészlőszer-feleslegekkel foglalkozom, nevezetesen a 7,62 mm-es 39M LPSZ és DPSZ puska-, valamint a 43M PSZ karabélytöltényekkel¹.

A lövészlőszer-felesleg keletkezésének fő oka, hogy a Magyar Néphadsereg jelentős, és az esetleges mozgósítást követően még nagyobb létszámára számvetett kiképzési és hadi lőszerkészletei „örökségként” maradtak a jóval kisebb létszámú Magyar Honvédségre. Járulékos ok, de nem elhanyagolható, hogy a lövészeteken felhasznált lövészlőszer mennyisége csekély – sajnos, ez ma is jellemző.

Ezek a felesleges lőszerkészletek szavatosságukat már végleg elvesztették, tehát hadihasználatra alkalmatlanná váltak. Az esetleges értékesítésük kérdőjeles, ilyen lövészlőszerre kötött adásvételi szerződés körülbelül egy évtizede nem jött létre. Ennek elsődleges oka, hogy az évtizedekben mérhető életkorú lőszer piacképessége nagyon alacsony – gyakorlatilag nincs is. Ez egyben azt is jelenti, hogy e készleteket az MH központi lőszerbázisain² tovább kell tárolni. Ez azonban két ok miatt is aggályos. Először is, tárolókapacitást kötnek le, amelyet a hasznos tárolóterületből foglalnak el, illetve a lőszer kezelésére más feladatra is felhasználható munkaerőt igényel. Ennél még hangsúlyosabb, hogy ezen lőszer veszélyesanyag-tartalma az idő múlásával folyamatosan veszít fizikai-kémiai stabilitásából, azaz nő a kockázata egy véletlen elműködésnek vagy rak-tárrobbanásnak. Ezek a lőszer tehát komoly kockázati tényezőt jelentenek.³

A kockázatok csökkentése, illetve a hasznos tárolóterületek növelése érdekében ezeknek a lőszernek valamiféle kezelése szükséges. Kézenfekvő megoldásként kínálkozik a tűzseresztési úton történő megsemmisítésük. Ez a megoldás azonban (mivel nagyon nagy mennyiségről van szó), igen gazdaságtalan lenne: jelentős mennyiségű rob-

banóanyagot igényel, elvonná a tűzseresz állományt az alaprendeltetési feladataitól, valamint a környezetet is fokozottan terhelné. A megsemmisítés végén, említésre méltó mennyiségű értékesíthető fémhulladék nem keletkezik (a robbantógödörben végrehajtott robbantás után legfeljebb rendkívül apró fémszilánkok maradnak vissza, azok is mélyen a talajba ágyazódva).

Létezik azonban más módszer is, mégpedig a lőszeralkatelemekre történő szétzerelése. Ilyen szétzerelési tevékenységet végez a Magyar Honvédség lőszerkészítő üzem⁴. A továbbiakban a jelenleg is működő, a szóban forgó lőszerre kidolgozott lövészlőszer-szétzerelési technológiát ismertetem.

LÖVÉSZLŐSZER SZÉTZERELÉSE ÉS ELMŰKÖDTETÉSE

A lőszerkészítő üzem a Magyar Honvédség speciális szervezeti eleme. Egyik alaprendeltetéséből fakadó feladata a hadihasználatra alkalmatlan és felesleges lőszerkészletek – beleértve a lövészlőszeret is – biztonságos szétzerelése, elműködtetése. Általánosságban a szétzerelés a lőszeralkatelemekre történő bontását jelenti anélkül, hogy a lőszer vagy egy alkatelemét működésbe hoznák. Az elműködtetés során azonban a lőszer aktív anyagait (csapantüvelegyek, lőporok, robbanóanyagok, pirotechnikai elegyek) elindítják (működésbe hozzák), így téve hatástalanná (veszélytelenné) azokat. A megsemmisítés – az előző két eljárással ellentétben – ezen lőszer felrobbantását jelenti, robbantószer alkalmazásával.

Lényeges információ, hogy az alkalmazott technológiák kialakítása és a végrehajtás technikai eszközei, berendezései miatt a szétzerelés és az elműködtetés után hulladék-ként értékesíthető végtermékek maradnak vissza, így például lőporok (csak szétzerelés után), különféle fémhulladékok. A továbbiakban a nagy mennyiségű felesleges készleteket jelentő, 7,62 mm-es 39M LPSZ, DPSZ puska-, és a 7,62 mm-es 43M PSZ karabélylőszer szétzerelését ismertetem. Ezen lövészlőszer teljes hatástalanításának (azaz a veszélyes aktív anyagok teljes eltávolításának) ré-

ÖSSZEFOGLALÁS: A Magyar Honvédségben évtizedek alatt felhalmozódott felesleges lőszerkészletek akut problémákat okoznak, számottevő tárolókapacitást, és – kezelésigényük miatt – jelentős számú munkaerőt kötnek le. Mindemellett, az elöregedésükből fakadó stabilitásvesztésük veszélyes kockázati tényező. E felesleges lőszerkészletek jelentős részét a 7,62 mm-es 39M LPSZ és DPSZ, valamint a 43M PSZ lőszer képezik. A szerző ezen lőszer szétzerelési és hatástalanítási technológiáit ismerteti.

KULCSSZAVAK: Lövészlőszer szétzerelése, elműködtetés, technológia, biztonsági előírások

ABSTRACT: Excess ammunition stocks accumulated in the Hungarian Defense Forces over decades cause acute problems, tie up significant storage capacity and manpower, and represent a risk factor due to their loss of stability due to aging. A significant part of these surplus ammunition stocks are 7.62 mm 39M LPSZ and DPSZ, as well as 43M PSZ ammunition. The author describes the disassembly and neutralization technologies of ammunition.

KEY WORDS: Disassembly of small arms ammunition, operation, technology, safety regulations

* Órnagy, MH Anyagellátó Raktár, lőszer-technikai osztályvezető, az NKE Hadtudományi Doktori Iskola doktorandusza. ORCID: 0000-0002-9938-9823

szét képezi a szétszerelési folyamat során keletkezett csappantyús hüvelyek elműködtetése, így mindkét technológiai folyamatot ismertetem.

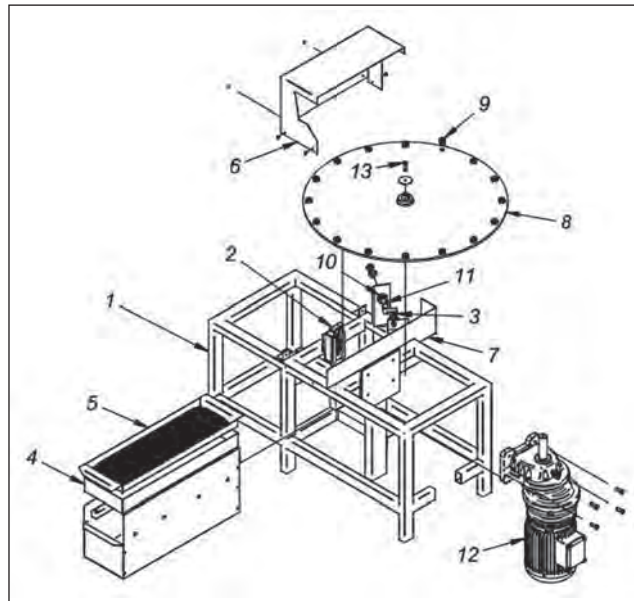
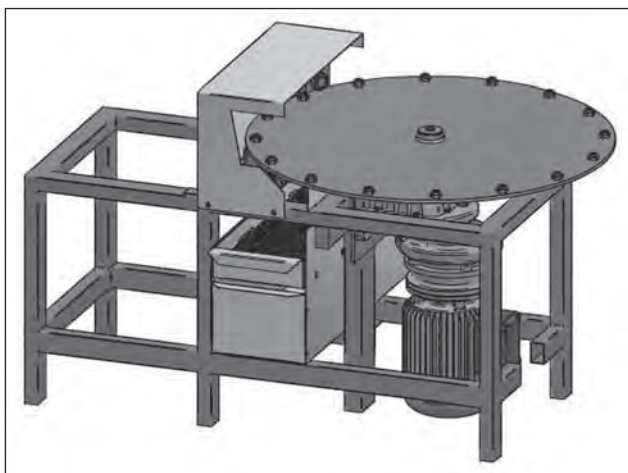
7,62 MM-ES NORMÁL KARABÉLY- ÉS PUSKALŐSZEREK SZÉTSZERELÉSÉHEZ ALKALMAZOTT BERENDEZÉS

A 7,62 mm-es űrméretű, felesleges, normál karabély- és puska- lőszer szétszerelésének technológiai lépéseit, a műszaki követelményeket, a biztonságtechnikai előírásokat a 1506/250. számú technológiai utasítás [1], míg a szétszereléshez alkalmazott berendezés technikai paramétereit, felépítését, működését a 1506/251. számú műszaki leírás és üzemeltetési utasítás [2] tartalmazza. Az alábbiakban e két dokumentum alapján ismertetem a szerelési folyamatot.

A szóban forgó lőszer a következő alkatelmekből állnak: lőszerhüvely a csappantyúval, lövedék, lőportöltet. A technológia lényegében a lőszer lövedékének és lőportöltetének eltávolításából áll. A másik technológia alkalmazásával a visszamaradt lőszerhüvelyek csappantyúját hevítéssel elműködtetik (lásd a későbbiekben).

A technológiai folyamat alapja az ún. lövészlőszer lövedékkitörő berendezés, amelyet a lőszerrelő üzem és a minőségbiztosítási alosztály⁵ állománya tervezett és gyártott le, illetve kidolgozta a műszaki leírását és üzemeltetési utasítását – generált típusjele és megnevezése: 001-LKB-BPPV lövészlőszer lövedékkitörő berendezés. „A 001-LKB-BPPV lövészlőszer-kitörő berendezés a 7,62 mm űrméretű (...) puska- és karabélylőszer lövedékeinek és lőportölteteinek biztonságos eltávolítására szolgál.” [2; 3. o.] A berendezés alapvetően egyszerű felépítésű: az alapja egy tartókeret, az ún. asztal, amelyhez a többi részegységet rögzítették. A robbanásbiztos villanymotorral működtetett hajtómű egy tárcsát forgat (2,5 fordulat/perc) fordulatszámmal. A tárcsa vízszintben tartását támasztó golyóscsapágy biztosítja. A tárcsán 16 darab menetes furat található, amelyekbe a lőszer befogadására kialakított menetes perselyek kerülnek. A karabély- és puska- lőszerhez – a lőszer külső méreteihez és geometriai alakjához igazodva –, különböző méretű perselyek tartoznak. A tárcsa alá, az asztalra két állítható helyzetű színesfém⁶ (bronz vagy vörösréz) kitörőkést szereltek fel. A kések alatt egy alumíniumból készült tálcát helyeztek el, amelyre egy szintén alumínium rács fekszik fel. (1, 2, 3. ábra)

1. ábra. A 001-LKB-BPPV típusú lövészlőszer lövedékkitörő berendezés nézeti rajza [2]



2. ábra. A 001-LKB-BPPV típusú lövészlőszer lövedékkitörő berendezés szerkezete

1. asztal, 2. előlő lövedékkitörő kés, 3. hátulő lövedékkitörő kés, 4. lőporfelfogó tálca, 5. lövedékrács, 6. felső burkolat, 7. alsó burkolat, 8. forgótárcsa menetes furatokkal, 9. cserélhető menetes perselyek, 10. csapágy, 11. csavar, 12. robbanásbiztos hajtómű, 13. csavar [2]



3. ábra. Hatástalanításra előkészített 7,62 mm-es 39M LPSZ nehézlövedékű acélmagvas lőszer (A szerző felvétele)

A berendezés 380 V feszültséggel működik, áramfelvétele 16 A, a tápellátás kábellel hálózatról biztosított. A berendezést a lőszerrelő üzem szerelőcsarnokában telepíteték, a munkaterület páncélfalakkal biztosított.

A SZÉTSZERELÉS TECHNOLÓGIAI FOLYAMATA

A munkavégzés megkezdése előtt a lövészlőszer lövedékkitörő berendezést átvizsgálják; ellenőrzik az alkatrészek épségét, az összműködést, valamint a szétszerelendő lőszernek megfelelő perselyeket elhelyezik a forgótárcsa menetes furataiba.

A szétszerelésre kijelölt lőszeret beszállítják a lőszerrelő üzem veszélyesanyag-raktárába, ahonnan a napi munkához szükséges mennyiséget – a termelés ütemének függvényében – áthordják az üzem előmelegítő-előkészítő helyiségébe. Ebben a helyiségben történik a lőszer szükség szerinti előmelegítése, a lőszeresládák és fémdobozok





4. ábra. 001-LKB-BPPV típusú lövészlőszer lövedékkitörő berendezés a). Lőporfelfogó tálca és kitört lövedékek b). LPSZ-hüvelyek kitörés után, hatástalanításuk előtt c) (A szerző felvételei)

bontása, a lőszer ellenőrzése. Hideg hőmérsékletű időszakban általában előmelegítés szükséges, mivel az üzemraktára nem fűtött: előírás, hogy a lőszer felületének legalább 12 C hőmérsékletűnek kell lennie az eszközön végzett munkák során. Az előmelegítő helyiségben a műszak végén annyi lőszer helyezhető el, amennyi a másnapi munkakezdéshez szükséges (legfeljebb félórára elegendő mennyiség).

A szétszerelendő lőszerkeket a csomagolóeszközök (lőszeresláda és fémdoboz) bontása során mennyiségi, és egyenként minőségi szempontból is ellenőrzik. A minőségi ellenőrzés során, a kezelésre veszélyesnek minősülő lőszerkeket ki kell válogatni, külön erre a célra szolgáló faládjában kell elhelyezni, majd át kell adni a bevizsgáló laboratóriumnak⁷ megsemmisítés céljából. Kezelésre veszélyesnek minősül a lőszer, ha:

- a lövedék lötyög vagy kiesik a hüvelyből;
- repedés, szakadás látható a hüvelyszájon vagy a hüvelytesten;
- erősen korrodált a hüvely vagy a lövedék;
- gyűrődés található a lövedéken, hüvelyen, amely akadályozhatja a berendezés perselyébe történő behelyezését;
- a csappantyú, vagy a csappantyús csésze korrodált, elszíneződött (még enyhe fokban is);
- a lőszer elcsetten;
- a csappantyú kotyog, vagy rajta kiválások láthatók.

A csomagolóeszközök bontását és a lőszer válogatását, átvizsgálását egy vagy két fő végzi, önálló helyiségben vagy az üzemcsarnokban, de a többi munkahelytől páncélfallal elválasztott helyen. A válogatás és átvizsgálás során szétszerelhetőnek ítélt lőszerkeket meghatározott mennyiségben fadobozba, vagy számlálófára helyezik. A 39M típusú lőszerke esetében ez a mennyiség 150 darab, a 43M esetében 300 darab. A továbbiakban ezek a mennyiségek képezik egy szétszerelési ciklus darabszámát.

A 150/300 darabos egységeket átmozgatják a lövedékkitörő berendezés munkahelyére. A berendezést két fő kezelő, a töltő és az ürítő. A töltőkezelő mind a 16 perselybe egy-egy lőszer helyez lövedékekkel lefelé, azután indítja a gépet. A forgótárcsa forgása során a lőszerke lövedékei először az elülső, majd a hátulsó, színesfémből készült lövedékkitörő késeken felütköznek, amelynek során a hüvelynyak elnyíródik, a lövedékek a hüvelynyak-maradvánnyal együtt a lövedékrácsra esnek, ahol fennakadnak. Eközben az így szabadabbá vált lőportöltet kipereg a hüvelyekből, és a lövedékrács lyukasztatásain át a lőporfelfogó tálcába hullik. A két kitörőkés azért szükséges, mert az elülső megbontja a hüvelynyakat, majd a hátulsó teljesen leválasztja a lövedéket a hüvelynyak-maradvánnyal a lőszerrel. A lőpor teljes kiszóródása az előtt megtörténik, hogy a kitört lőszerhüvely nyílásának síkja túlhaladna a felfogó tálca síkja felett. A kitörőkés kialakítása hengeres, ezzel biztosítva, hogy a kiszóródó lőporsemcsék azokról lehulljanak a lőporfelfogó tálcába, azaz a lőpor nem gyűlik fel a kések felületén. A lőpor kipergése után a kitört, csak csappantyút tartalmazó lőszerhüvelyek az ürítőkezelő elé kerülnek, aki egy erre a célra kialakított szerszámmal a hüvelyeket kiemeli a perselyekből, és az eszközök tárolására odakészített faládjába helyezi azokat. A töltőkezelő az üressé vált perselyekbe helyezi a következő kitörendő lőszerkeket. A folyamat addig tart, amíg a szétszerelés ciklusdarabszáma – azaz az említett 150 vagy 300 darab – elfogy.

A ciklus végén, a 150/300 darab kitörése után, a töltőkezelő leállítja a gépet. Kicsúsztatják a lőporfelfogó tálcát, a tetejéről leemelik a lövedékrácsot. A lövedékeket és a lőport külön-külön faládjába ürítik. A lőport átvizsgáló mérlegelő-csomagoló helyiségbe, ahol azt a minőségbiztosítási ellenőr jelenlétében lemérik, alumínium vagy horganyzott acél tonnerbe (behúzott betöltőnyílású, levehető fedelű acéllemez hordó) csomagolják. A megtelt csomagolóeszközt csomagolójeggyel látják el és leplombálják (a minőségbiztosítási ellenőr plombafofogó betét lenyomatával). A csomagolójegy tartalmazza az összes szükséges adatot: az anyag megnevezését, a nettó tömegét, a csomagolás dátumát, a csomagoló és az ellenőrző személy aláírását, az ellenőrző személy bélyegzőlenyomatát. Ezután a lőporos tonnerket tartós tárolás céljából elszállítják – esetünkben a pusztavacsi harcanyagraktár kijelölt raktárába. A lövedékeket lőszeresládába ürítik; a minőségbiztosítási ellenőr jelenlétében lemérik, csomagolójeggyel látják el, és szintén a pusztavacsi harcanyagraktár hulladékártározójában helyezik el tartós tárolásban.

A csappantyús hüvelyeket ellenőrzik, hogy az eszközökben nem maradt-e lőporsemcsé (ha igen, azt lőszer ecsettel, rézlappal eltávolítják), majd fémkonténerbe ürítik, és kiszállítják a lőszereszerelő üzem lőszerkiégető komplexumába, hogy ott a csappantyúkat elműködtessék.

A CSAPPANTYÚS HÜVELYEK ELMŰKÖDTETÉSE

Az elműködtetés önálló technológia szerint történik, és e technológiai folyamat végén jelenthetjük ki, hogy a lőszer szétszerelték, és nem tartalmaz éles alkatelemet.

A lőszerkiégető komplexumban a csappantyúk elműködését a lövészlőszer kiégetésére szerkesztett kiégető berendezésekben (lőszerpattogtató berendezés) hajtják végre. (5. ábra)

A berendezés alapvetően a lövészlőszer hevíttel történő elműködésére készült. Az elműködés elve szerint a lőszerket olyan hőfokra kell felmelegíteni, hogy a csappantyújuk beinduljon, ezáltal elégjen a lőportöltet, illetve a lőportöltet a hőhatásra közvetlenül meggyulladjon, így a lőszer minden aktív eleme megsemmisüljön. Ebből következik, hogy a csappantyús hüvelyek elműködésére minden lényeges technológiai változtatás nélkül felhasználható. Jelenleg négy darab saját gyártású berendezés áll rendelkezésre.

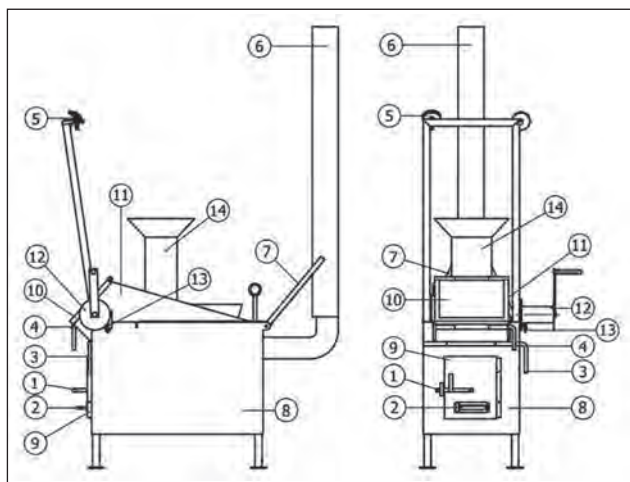
A berendezések a lőszerszerelő üzem területén létrehozott szabadtéri kiégető telepen üzemelnek. Az időjárás viszonyosságai ellen fémszerkezetű építmény védi a dolgozó állományt és a készülékeket.

Első lépésként a fatüzelésű kazánt felfűtik, majd a kazán által átmelegített koporsót⁸, a beöntő nyíláson keresztül 600 darab csappantyús hüvellyel feltöltik. Ha a hőmérséklet meghaladta a csappantyúk elműködésének határát, a folyamat beindul. A gáz halmazállapotú és aeroszol égéstermékek a kályhacsöveken át 2 darab, 5 méter magas kéményen keresztül távoznak. A berendezésekből kijutó, tüzelőanyagból, csappantyúműködésből származó füstöt a fémszerkezetű építmény falába szerelt 5 darab ventilátor szívja ki a légtérből. A légáram támogatására szolgál az épület alján körben hagyott 400 mm-es légrés. (6. ábra)

A magas hőmérsékleten a csappantyúk sorra elműködnek, így a hüvelyek éles elemei megsemmisülnek. Az elműködés során a csappantyúanyag robbanásának hatására a hüvelyek pattognak, innen származik a berendezés szakmai körökben közismert elnevezése, a lőszerpattogtató. Az első elműködés hangját követő harminc perc után a koporsót ürítik: az eszközhöz rögzített drótkötelet egy megvezető dobra csévélik fel, amelynek hatására a koporsó előre billen. A rögzítőstiftet kihúzzák, a koporsóajtó kinyílik, a hüvelyek kihullanak az odakészített fémkocsiba. A fémkocsi tartalmát átvizsgálják, hogy tartalmaz-e éles elemet, majd a hüvelyeket a fémkonténerbe borítják, és hűlni hagyják. Azt követően kerülhet sor a következő felőntésre.

5. ábra. Lőszerkiégető berendezés [3]

1. kazánajtó retesz, 2. levegőztető nyílás lemeze,
3. és 4. biztosítócsap, 5. csigakerék, 6. kályhacső,
7. kályhacsötámasztó, 8. kazántest, 9. kazánajtó,
10. koporsóajtó, 11. koporsótést, 12. drótkötél-megvezető dob, 13. rögzítőstift, 14. koporsó beöntő nyílás



6. ábra. A lőszerkiégető komplexum külső nézete a) és a lőszerkiégető (pattogtató) berendezés üzem közben (A szerző felvételei)

A koporsó beöntő nyílása alatt lejtős lamellákat építettek be, amelyek nem gátolják, hogy a hüvelyek a koporsóba hulljanak, azonban megakadályozzák az elműködés során pattogó hüvelyek, esetleges fémszilánkok kirepülését a nyíláson.

Az elműködött hüvelyeket mérlegelik, és átadják a harcanyagraktárnak.

A két technológiai folyamatból értékesíthető végtermékek keletkeznek: lőpor, valamint a hüvelyből és a kitört lövedékekből származó fémhulladék.

BIZTONSÁGI ELŐÍRÁSOK

Az ismertetett két technológiai folyamatra is érvényesek a lőszerrel végzett munkák általános biztonsági szabályai. Ezek a dohányzásra és nyílt láng használatára, a munkavégző állomány alkalmasságára, kiképzettségére, oktatására, a statikus elektromossággal való feltöltődés elleni védelemre, az elektromos berendezések robbanásbiztos kialakítására, a munkát végző állomány tűzvédelmi felkészítésére – 45/2014. (XII. 7.) BM rendelet 1. számú melléklet 6. pontjában meghatározott tűzvédelmi szakvizsgálóval kell rendelkezniük – vonatkoznak. Mindenekelőtt szigorúan be kell tartani a *Biztonsági rendszabályok lőszerrel végzett munkáknál (Tüfe/322)* [4], a *Lőszer javítási utasítása (Tüfe/290)* [5] című szolgálati könyvek biztonságos lőszer szerelésre vonatkozó előírásait, valamint az adott hatástanítási munkára készült technológiai utasításban rögzített biztonsági követelményeket.

KÜLÖN ELŐÍRÁSOK A LÖVÉSZLŐSZER LÖVEDÉKITÖRÉSI TECHNOLÓGIÁJÁHOZ

A lövészlőszer lövedékitörési munkát legalább négy fő dolgozónak kell végrehajtania: egy fő munkavezető, egy fő anyagmozgató (aki a ládabontást, a válogatást és a 150/300 darabos egységek összeállítását végzi), egy fő töltőkezelő, egy fő ürítőkezelő. A monotoníából fakadó balesetek megelőzése érdekében, a feladatokat a három utóbbi dolgozó rotációban végzi. Egy szétszerelési ciklus után ez a négy fő végzi a lövedékrács és a lőporfelfogó tálca ürítését, a lőpor, a lövedékek és a csappantyús hüvelyek tárolóeszközökbe történő elhelyezését.

A lövedékitörő munkahelyen egyszerre 600 darab lövészlőszer helyezhető el számlálófán, vagy fadóboxban.

A munkavégzés során az alábbi védőeszközöket kell a dolgozóknak használniuk: antisztatikus munkaruhatás, védőszemüveg, zajvédő fültok, acélbetétes bakancs, (márton) munkavédelmi kesztyű.

A lövedékitörő berendezésen biztonsági elemeket kell alkalmazni, amelyek csökkentik a lőszer véletlen elműködésének lehetőségét, illetve a véletlen elműködés esetén védelmet nyújtanak a munkavégző állomány számára. Ezek:

- szikramentes (alumínium) tálca a kihulló lőpor befogására;



- szikramentes (alumínium) rács a kitört lövedékek felfogására;
- robbanásbiztos meghajtó berendezés (villanymotor), csatlakozók, ezek érintésvédelmi megfelelése;
- alsó és felső burkolatok (határoló lemezek) a berendezés veszélyes zónája és a munkavégző állomány biztonságos elválasztásához a berendezés működési ideje alatt.

„Meg kell akadályozni a lőpor kiszóródását a padozatra. Ennek érdekében a berendezés felfogó tálcáján kívülre szóródott lőporszemcsék befogására megfelelő méretű alumínium kármentesítő tálcát kell elhelyezni a berendezés alatt. A kármentesítő tálcából a napi hatástalanítási munka végeztével a lőport össze kell gyűjteni, és a többi kinyert lőporral együtt kell elcsomagolni. Ha ennek ellenére is kiszóródik a padozatra lőpor, azt lőszőr sörtéjű partvissal alumínium tálcára haladéktalanul fel kell takarítani, külön zárható tárolóládába kell elhelyezni, és átadni a Harcanyag bevizsgáló alosztálynak, megsemmisítés céljából.” [6]

KÜLÖN ELŐÍRÁSOK A CSAPPANTYÚS HÜVELYEK ELMŰKÖDTETÉSÉNEK TECHNOLÓGIÁJÁHOZ

A csappantyús hüvelyek lőszerkiégető (pattogtató) berendezésben történő elműködése során tilos:

- „a hevítőkamra és a tűztér ajtaját kinyitni;
- a berendezés hossz tengelyének vonalában tartózkodni;
- várakozási idő alatt a védőfal mögül kijönni;
- üritéskor a kiömlőnyílással szemben tartózkodni;
- az előírt várakozási időt be nem tartani;
- a hallásvédőt (füldugó, tok) kivenni;
- az előírt lőszer mennyiségnél egyszerre többet beleönteni;
- illetéktelen személyt lővézlőszer-megsemmisítés közben az üzemeltetési területre beengedni;
- védőkesztyű nélkül műveletet végezni;
- nem hatástalanított lőszer-t hatástalanított lőszer elemek közé tenni”. [7]

A kiégetés után, az üritést követően a hüvelyek csappantyúját ellenőrizni kell, hogy elműködtek-e. Az esetlegesen el nem működött hüvelyeket egy erre a célra alkalmazott fa tárolódobozban át kell adni a bevizsgáló laboratóriumnak megsemmisítésre.

A munkavégzés során az alábbi védőeszközöket kell a dolgozóknak használniuk: antisztatikus munkaruházat, védőszemüveg, zajvédő fültek, acélbetétes bakancs, (mártott) munkavédelmi kesztyű, hőálló kesztyű, légzésvédő maszk. A munkavégző állomány legalább két fő, ebből egy kijelölt munkavezető.

ZÁRÓ GONDOLATOK

A fentiekben leírt technológiai folyamatok manuális munkát igényelnek, amely napi kb. 6500 darab lőszer kitörését teszi lehetővé. Könnyen belátható, hogy ez erősen behatárolt termelési kapacitás a többmillió darabos felesleges készletekhez képest. A termelés fokozása érdekében a pusztavacsi bázis kapcsolatot keresett automatizálási és gépipari kutató-fejlesztő és gyártó cégekkel, megvizsgálandó a technológiák innovációs lehetőségeit. A későbbi kooperáció a szakmai konzultációk eredményének függvényében indulhat el.

Az előjáró jóváhagyásával, az MH ARB lőszerszerelő üzem technológiai innovációja érdekében szakmai kapcsolatot felvételét tervezzük valamely magyarországi műszaki egyetemmel.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Technológiai utasítás a 7,62 mm űrméretű karabély- és puskalöszerek lövedékeinek, lőporának eltávolítására (hatástalanítás), a nyert végtermékek elcsomagolására és tárolására (1506/250). Magyar Honvédség Anyagellátó Raktárbázis Bázisparancsnokság (Pusztavacs), 2021. Készítette: Éles Péter őrnagy.;
- [2] A 001-LKB-BPPV lövéslőszer kitörő berendezés műszaki leírása és üzemeltetési utasítása (1506/251). Magyar Honvédség Anyagellátó Raktárbázis Bázisparancsnokság (Pusztavacs), 2021. Készítette: Éles Péter őrnagy.;
- [3] Technológiai utasítás a lőszerpattogtató berendezés legyártásához és üzemeltetéséhez (1506/242). Magyar Honvédség Anyagellátó Raktárbázis, 2013. Készítette: Éles Péter őrnagy, Szabó Gergely hadnagy, Urbán Tamás hadnagy. 20. rajz. Rajzolta: Szabó Gergely hadnagy.;
- [4] Biztonsági rendszabályok löszerekkel végzett munkáknál (Tüfe/322). A Honvédelmi Minisztérium kiadása, 1979;
- [5] Löszerek javítási utasítása (Tüfe/290). A Honvédelmi Minisztérium kiadása (1976);
- [6] Technológiai utasítás a 7,62 mm űrméretű karabély- és puskalöszerek lövedékeinek, lőporának eltávolítására és tárolására (1506/250). Magyar Honvédség Anyagellátó Raktárbázis Bázisparancsnokság (Pusztavacs), 2021. Készítette: Éles Péter őrnagy. 10. oldal.;
- [7] Technológiai utasítás a lőszerpattogtató berendezés legyártásához és üzemeltetéséhez (1506/242). Magyar Honvédség Anyagellátó Raktárbázis, 2013. Készítette: Éles Péter őrnagy, Szabó Gergely hadnagy, Urbán Tamás hadnagy. 10. oldal.

JEGYZETEK

- 1 7,62×54R mm-es 39M LPSZ: könnyű lövedékű acélmagvas puskalöszér. 7,62×54R mm-es 39M DPSZ: nehéz lövedékű acélmagvas puskalöszér. 7,62×39 mm-es 43M PSZ: acélmagvas karabélylöszér. A továbbiakban a karabély- és puskalöszér megnevezés alatt a fent leírt típusok értendők.
- 2 A Magyar Honvédség két központi lőszerbázisa jelenleg (2023. február): MH Anyagellátó Raktárbázis Bázisparancsnokság (Pusztavacs) és Bázisparancsnokság (Táborfalva).
- 3 Ilyen baleset mindazonáltal Magyarországon központi tárintézetben 1945 óta nem történt.
- 4 Jelenlegi hadrendi megnevezése (2023. február): Magyar Honvédség Anyagellátó Raktárbázis Bázisparancsnokság (Pusztavacs) Lőszertechnikai alosztály. Az esetleges szervezeti változások miatt a publikációban a lőszerszerelő üzem megnevezést használom.
- 5 A lőszerszerelő üzem tevékenységéhez kapcsolódó minőség-ellenőrzési és -biztosítási feladatokat ellátó szervezet, amely részt vesz a technológizálási folyamatok kimunkálásban is. Jelenlegi hadrendi megnevezése (2023. január): Magyar Honvédség Anyagellátó Raktárbázis Bázisparancsnokság (Pusztavacs) Minőségbiztosítási alosztály.
- 6 Színesfémeket, alumíniumot a szikraképződés elkerülése végett alkalmazunk.
- 7 Jelenlegi megnevezése: Magyar Honvédség Anyagellátó Raktárbázis Bázisparancsnokság (Pusztavacs) Harcanyag Bevizsgáló Alosztály (2023. február). Egyik feladata a lőszerszerelő üzem által átadott kezelésre veszélyes löszerek és alkatlemek megsemmisítése. Az esetleges szervezeti változások miatt a publikációban a bevizsgáló laboratórium megnevezést használom.
- 8 Szakkifejezés: hosszúkás, fém-ből készült láda.



Somkutas Róbert*

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

Áttelepülés Kolimájára, és megindulás a „sztálini betonon”

1 941-ben – az ún. Barbarossa hadművelet keretében – a magyar királyi I. gyorshadtest két (páncélozott) felderítő-zászlóaljja részt vett a Szovjetunió elleni hadműveletben. A tanulmányosorozat korábbi részeiben a szerző ismertette a német hadtestek és a magyar erők elhelyezkedését, valamint a mostoha időjárási viszonyok között történt keletre vonulás nehézségeit. Miután a magyar királyi I. gyorshadtest 1941. július 9-én a német Dél Hadsereg-csoport alárendeltségébe lépett, a földi felderítési feladatokat az egység már csak a saját csapatai érdekében folytatta. A továbbiakban a szerző az egyes alakulatok ellátási és előrenyomulási nehézségeit részletezi.

A GYORSHADTEST REPÜLŐPARANCSNOKSÁGÁNAK ERŐI ÉS ESZKÖZEI

Miután a gyorshadtest kivált a Kárpát-csoport állományából és német irányítás alatt harcolt tovább, már nem kapta meg a magyar légierőtől a távolfelderítő légi támogatást. Ezt a német 4. légiflottához (Luftwaffe) kirendelt összekötő csoport biztosította számára. A hadtest légi harcászati fel-







derítési feladatainak biztosítása, és légi támogatása érdekében egy repülőcsoportot állítottak fel, amely közelfelderítő- és vadászrepülő-századokból állt. [12; 130. o.]

Az Orosz Béla alezredes parancsnoksága alatt létrehozott repülőcsoport állománya kezdetben csak a hadtestközvetlen X., valamint a megerősítésül kapott VII. és a VIII. közelfelderítő repülőszázadokból állt, amelyek Kolimájára (*Kolomea*) áttelepülve Henkel He-46-os és Weiss Manfréd WM-21-es felderítő repülőgépekkel látták el feladatukat. A felderítő tevékenységüket a 2/3. „Ricsi” vadászrepülő század Fiat CR-42 típusú vadászgépeivel oltalmazták. [13; 21. o.] Július 28-án a csoport kiegészült a II. és a III. közelfelderítő, az 1/3. „Kör Ász” vadászrepülő-századdal, valamint később a 4. önálló bombázóosztály egyik századával.

A repülőcsoport állománya nem volt állandó létszámú, mert a harc tapasztalatok megszerzése érdekében gyakran váltották a repülőkötelékeket annak érdekében, hogy a folyamatos rotációkkal, minél több távol- és közelfelderítő, vadász-, továbbá bombázó alegységnek biztosítsanak lehetőséget a háborús tapasztalatok megszerzésére. [14; 7. o.]

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

4. táblázat. A gyorshadtestet támogató repülőcsoport állománya 1941. július elején (A szerző szerkesztése a [7] 7. függeléke alapján; a Magyar Királyi Honvéd Légierőben alkalmazott századjelvények ábrái: [15; 81. o.]

GYORSHADTEST REPÜLŐPARANCSNOKSÁG 1941. VII. 7. – XII. 26.						
Parancsnokok:	Orosz Béla alezredes (VII. 7. – 27.) Gyiresy Sándor alezredes (VII. 27. – XII. 26.)					
Települése helyei:	Kolomija – 1941. VII. 7–18. Nova Usica 1941. VII. 19. – nincs pontos adat					
A kezdeti időszak repülőállománya						
A frontszolgálat időszaka	VII. 7–14.	VII. 7–14.	VII. 8–13.	VII. 12. – X. 3.	VII.13. – XI. 17.	VII.13. – XI. 17.
Alakulat	VII. „Kocsnyás béka” közfelderítő század	X. „Sólyomszem” közfelderítő század	2/3. „Ricsi” vadászrepülő század	I. „Holló” közfelderítő század	III. „Táltos” közfelderítő század	1/3. „Kör Ász” vadászrepülő század
Századjelvénye						
Honi reptere	Miskolc	Ungvár	Kolozsvár	Mátyásföld	Kecskemét	Mátyásföld
Parancsnoka	Buday Tibor százados	Ivácskovics Elek százados	Szobránczy Aladár százados	Bibitz-Horváth László százados	Csegezy József százados	Tomor László százados
Darabszám és repülőgéptípus	6 x He-46 3 x WM-21	6 x WM-21	12 x FIAT CR.42	9 x He-46	9 x WM-21	12 x FIAT CR.42
Háborús reptere	Kolomija	Kolomija Jezizsanyi	Kolomija	Kolomija, Bar	Kolomija, Bar	Kolomija, Bar
Megjegyzés				X. 6. visszatér		

A hadművelet során – 1941 júliusa és novembere – között összesen négy bombázó-, öt közfelderítő-, valamint négy vadászszázad kapott lehetőséget harci körülmények közötti feladat ellátásra. [15]

KEMÉNY IDŐJÁRÁSI KÖRÜLMÉNYEK

Július 9–10-én az újból megindult nyári esőzések ismét próbára tették a csapatokat. A visszaemlékezések szerint az ukrán síkság földútjai száraz időben – a kemény altalaj miatt – jól járhatóak, de porosak voltak. A német és a magyar katonák is „sztálini betonút”-nak („Stalin beton”) neveztek, és a térképeken dupla vonallal jelölték ezeket az utakat, amelyek enyhén nedves, de nem csúszós, letaposott állapotban megfelelően járhatóak voltak. Azonban akár már ötperces eső után is, e kemény út felülete olyan síkossá vált, hogy a „bogárhátú utakról” a járművek könnyen az árokba csúsztak, és onnan csak vontatókkal lehetett kihúzni azokat. [16; 66. o.] Többször előfordult, hogy a felázott utakon, a nagy sárban a gépjárművek csak állati vontatással voltak képesek előre mozogni.

Július 9-én a 2. gépkocsizó dandár zöme felzárkózott a Zbrucs folyó előtt az Ivanje Pusztye (*Iwanie Puste*) – Germakovka (*Germakowka*) – Borscsöv (*Borszczow*) terepszakasgra, és csapataival felkészült az azon történő átkelésre. A dandár parancsnoka a önálló felderítése során megállapította, hogy a nivrija-i (*Niwria*) híd estig nem készül el, ezért a még használható Zbrucs és a Dnyeszter torkolatánál lévő Zvanyjec-i (*Zwaniec*) hidat határozta meg a folyón történő átkelésre. Parancsot adott, hogy az élen haladó 2. felderítő-zászlóalj páncélos felderítő-osztaga törjön

előre Kamenyec–Podolszki felé. A parancsot azonban, az időjárási viszonyok miatt szinte járhatatlanná vált, rossz utakon, csak másnap tudták végrehajtani. A dandár menetoszlopának éle az este során beért Nivrija községbe, míg a vége – több mint 10 kilométeren elnyúlva –, Kzsvicse-nél (Krzywce) állt a zuhogó esőben.

Az 1. gépkocsizó dandár – élén a felderítő-zászlóalj oszlopával –, július 9-én a hajnali órákban végre meg tudott indulni, délután 14 óra Zvanyjecnél már a dandárvonata (hadtáplépcsője) is átkelt a Dnyeszteren. [18; 22. o.]

Az 1. gépkocsizó dandár még nem állt harcban szovjet csapatokkal, azonban mire a csapatokat harcba vetették, már jelentős távolságot kellett megtenniük. A dandárcsapatok a menetüket közúton, illetve vasúton hajtották végre a megindulási körletükbe. Azután – a hadtest második lépcsőjeként – csaknem lépésben kellett követniük az élen haladó 2. gépkocsizó dandárt a gyenge minőségű, rombolt utakon vezető, egyetlen előrevonási vonalon, igen rossz időjárási körülmények között. Így több mint 550 kilométer tettek meg, amíg a Dnyeszterig kiérkeztek. [19; 75. o.] Az út komoly fizikai terhelést jelentett a személyi állomány, valamint a technikai eszközök számára. Ez utóbbiak egy része nem sokkal korábban frissen gyártott, „bejártós” gépjármű volt. Mivel csupán egyetlen menetvonal létezett, és a dandárvonatot az oszlop végére sorolták be, esetleges ellátási problémákkal is számolniuk kellett.

Az 1. lovasdandár a nap során követte a két gépkocsizó dandárt annak érdekében, hogy a Dnyeszter Mihalcénél partot váltson. A dandár az időjárási és a rossz útviszonyok miatt azonban csak Jaszenyov Polnij (*Jasieniow-Polny*), Horogyenka (*Horodenka*) – Csernyatyin (*Czerniatyn*) területéig jutott el.



6. ábra. A Magyar Királyi Honvédség „Török Ignác” II. utászászlóalja által épített pontonhíd a Dnyeszteren, 1941 (Forrás: Fortepan / Teller Ferenc / 75466)

Július 10-én reggelre a 2. gépkocsizó dandár felderítő zászlóaljának járőrei elérték Kamenyec-Podolszki területét, és a várostól keletre megkezdték a felderítést. [19; 114. o.] Tevékenységük során jelentették, hogy a visszavonuló szovjet csapatok a város összes hídját felrobbantották. [19; 116. o.]

A 2. gépkocsizó dandár Benda-csoportja – Benda Antal ezredes vezetésével –, állományában az 5. és a 6. gépkocsizó zászlóaljak és a 2/3. üteggel, 10 órára elfoglalta a várost, és a környéken szétbontakozva biztosította az elfoglalt területet. Az éjszaka során a Benda-csoport még elhárított egy harckocsikkal támogatott gyalogsági támadást is.

A 2. gépkocsizó dandár – a hadműveletek megkezdésétől harcolva megtett 250 km-es utat követően – helyben megvárta a beérkező mozgósított állományát, és a kiegészítő szállítmányokat. A felderítő zászlóalj kiküldött járőrei estére kijutottak a Sztugyenyica (*Studzienica*) patakig, a zászlóalj zöme azonban a város területén töltötte az éjszakát, és biztosítási feladatokat látott el. [19; 116. o.]

Az 1. gépkocsizó dandár felderítő-zászlóalja a dandár előtt felderítette annak Szmotrics (*Smotrycz*), Balin,

Dunajovci (*Dunajovce*) menetvonalát és a Sztugyenyica patakhoz kiérkezve, a dunajovci hídfőállás elfoglalása volt a feladata. A dandár még hajnalban Mihalcénél átkelt a Dnyeszteren és a 2. gépkocsizó dandártól északra – a Lanknorun (*Lancnorun*) – Szmotrics – Balin – Dunajovci (Dunajovci) menetvonalon nyomult előre. A dandár állományának többsége (az 1. gépkocsizó, a 9. harckocsizózászlóalj és az 1/1 gépvontatású üteg) 10 órára elérte Lanknorunt. A felderítő-zászlóalj jelentette, hogy a kiküldött páncélos felderítő járőre Szmotricsnél szovjet utóvédbe ütközött, de azt átkaroló támadással visszavetette. A dandárparancsnok a főcsapat élén haladó 9. harckocsi-zászlóaljtól kiküldött egy gépvontatású üteggel megerősített harckocsizózászadot, de mire az a helyszínre ért, a szovjet utóvéd már visszavonult a felderítő-zászlóalj elől. A csoport beérkezett Balinba, és ott töltötte az éjszakát. A Muksa- (*Muksza*) patak felrobbantott hídjának helyreállítási munkáit a zászlóalj többsége hídfőállásban biztosította, és annak környékén éjszakázott. A dandár többi része menekészen a Szmotrics-híd helyreállításáig várakozott, és a menetvonalán töltötte az éjszakát [19; 114–117 o.]

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [12] Dr. Horváth Csaba. „A magyar harcászati-hadművelési felderítés története 1918–1990.” *Felderítő Szemle* VII. évf. november, Emlékszám (2008);
- [13] Vitéz nemes ditrói Orosz Béla. *A magyar Légierők teljesítményei a Kárpátoktól a Dnyeperig. Tapasztalatok a repülőerők vezetése és alkalmazása terén* Budapest: a Vitézi Rend Zrínyi Csoport kiadása, 1942.;
- [14] Dr. Lengyel Ferenc. *Az I. M. Kir. Gyorsadtest hadműveletei a Szovjetunió elleni háborúban (1941. július 9 – november 15.)*, Hadtörténelmi jegyzet, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Hadtörténelmi Tanszék, 1994.;
- [15] M. Szabó Miklós. „A „Kárpát-csoport” repülőcsoportja 1941. nyári-őszi harcaiból levont tapasztalatok” *Haditechnika* LIII évf. 6. szám (2019): 63–66. DOI: 10.23713/HT.53.6.13;
- [16] Andaházi Szeghy Viktor. *A magyar királyi honvédség részvétele a Szovjetunió elleni támadásban (1941. június – december)*, Belvedere, Szeged, 2016.;
- [17] Sárhidai Gyula, Punka György, Kozlik Viktor. *HUNGARIAN EAGLES - A Magyar Királyi Honvéd Légierő 1920-1945*, magyar–angol kétnyelvű kiadvány, Budapest: Hikoki Publications, 1996.;
- [18] Zentay István. „Egy nemzetnél sem vagyunk alábbvalók!” (Hadinapló), Budapest: a Vitézi Rend Zrínyi Csoport kiadása, 1942.;
- [19] 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.

A Haditechnika folyóiratot már olvashatja a **laptapir.hu** weboldalon is! Letöltheti táblagépre, okostelefonra, így bárhol, bármikor elérí.



CONTENTS

STUDIES

The ELM-2084 MMR multipurpose air surveillance, air defence and artillery reconnaissance radar	2
A Development trends of gas turbine aircraft engines, Part 3	11
History of the development of the 'Gepárd' large-calibre rifle, Part 2	
35 years of service in the Hungarian Defence Forces	15
Aviation safety impacts of Covid19 infection, Part 2	
The possible application of biosensors in fatigue measurement	21

INTERNATIONAL MILTECH REVIEW

Exhibitions of integrated, modular unmanned ground vehicle systems in Germany	
The closing event of iMUGS PESCO programme	27
The Turkish Bayraktar combat UAV, Part 2	33
Military technical innovations on the industry day of MILENG COE 2022, Part 1	37

SPACE ACTIVITIES

The anatomy of geomagnetic storms and their consequences	44
--	----

DOMESTIC SURVEY

New heavy machine in the HDF: WiSENT 2HU	51
Modern military technology, new construction solutions and structural materials, renewing military training	58
Unnecessary ammunition disarming by dismantling	68

MILTECH HISTORY

The activities of the 1 st Royal Quick Reaction Corp subordinated to Germany, Part 3	73
---	----

INHALTVERZEICHNIS

STUDIEN

Das vielseitige Luftraumüberwachungs-, Luftverteidigungs- und Artillerie-Aufklärungsradar "ELM-2084 MMR"	2
Entwicklungsrichtungen der Turbinen-Strahltriebwerken, Teil III.	11
Die Entwicklungsgeschichte der Großkalibergewehre von Gepárd, Teil II. 35 Jahre im Dienst der Landesverteidigung	15
Die Auswirkungen der Covid19-Infektion auf die Flugsicherheit, Teil II. Einsatzmöglichkeiten von Biosensoren in der Ermüdungsmessung	21

INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDSCHAU

Präsentation integrierter, modularer, fahrloser Landfahrzeugsysteme in Deutschland	
Abschlussveranstaltung des iMUGS PESCO-Programms	27
Kampfdrohne "Bayraktar", Teil II.	33
Militärtechnisch-technische Neuheiten auf dem Industrietag von MILENG COE 2022, Teil I.	37

RAUMFAHRTTECHNIK

Anatomie der geomagnetischen Stürme und ihre Folgen	44
---	----

HEIMATSCHAU

Neues Unterstützungsfahrzeug in der Ungarischen Armee: das WiSENT 2HU	51
Moderne Militärtechnologie, neue Konstruktionslösungen und Baumaterialien, erneuerbares Training	58
Deaktivierung der Unnötige Schießmunition durch Demontage	68

GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK

Die Aktivitäten unter deutscher Befehlsführung des 1. Königliche Schnelle Korps, Teil III.	73
--	----

A címképünkön: Wisent 2 műszaki harcjármű (Forrás: a KMW engedélyével)

Borító 2: Fent: Segédhajtómű (APU) elhelyezkedése egy Boeing 727-es utasszállító repülőgépbén (Forrás: Stock fotó: 726399790) Lent: Rolls-Royce Turbomeca RTM322 – a 2009-ben rendezett Párizs-Le Bourget-i Nemzetközi Légi- és Űrszalon bemutatóján (Forrás: Georges Seguin, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons)

Borító 3: Fent: A 001-LKB-BPPV típusú lövészlőszer lövedékkitörő berendezés forgótárcsája; Középen: A forgótárcsába helyezett löszerek a forgás során a lövedékkitörő késen felütöznek. A hüvelynyak elnyíródik, a lőportöltet kipereg, a lövedékek a hüvelynyak-maradvánnyal együtt a lövedékrácsra esnek; Lent: Kítört lövedékek a lőporfelfogó tálcán (Fotók: Éles Péter)

Poszter: Az MH vitéz Bertalan Árpád 1. Különleges Műveleti Dandár katonái a Carl-Gustaf M4 hátrásklás nélküli fegyver képességeiről megszerzett ismereteiket bizonyítják (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Kertész László) (A Carl-Gustaf M4 típusú vállról indítható támogató fegyver harcászati-technikai adatait Végvári Zsolt alezredes Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében beszerzett haditechnikai eszközökről szóló tanulmányában közöljük, lapunk 58–67. oldalain.)

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 cikkeket a szerkesztőség feltölti a Magyar Tudományos Művek Tárába, emellett az elmúlt több mint 50 év lapszámai elérhetők az MTA REAL-J repozitóriumban: <http://real-j.mtak.hu/view/journal/Haditechnika.html>

Előfizetés

Éves előfizetési díj 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. Levélcím: 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

Líra 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

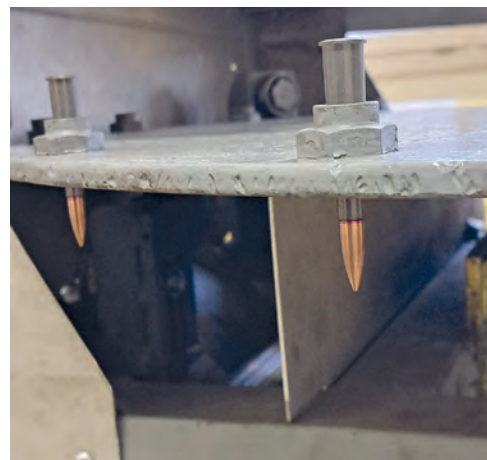
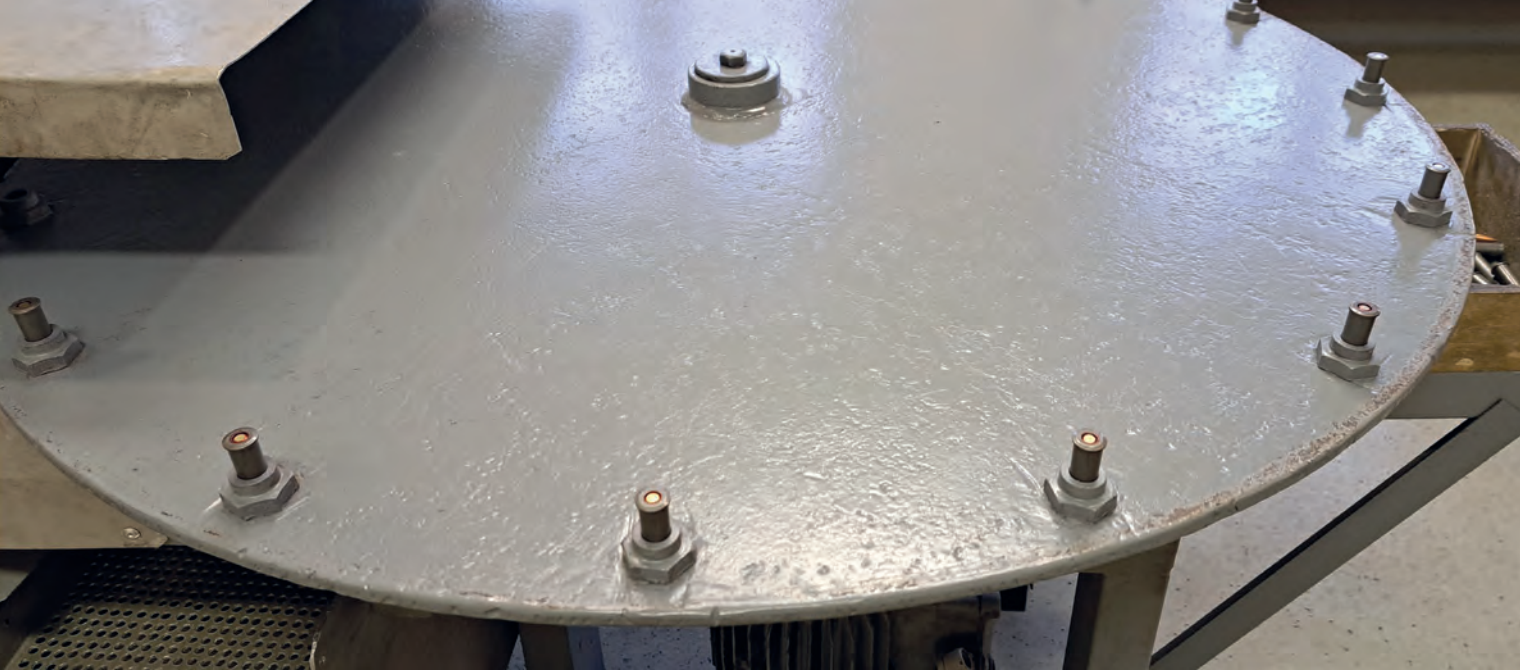
HM Zrínyi Nkft.

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



9 770230 689108 2 3003