

HADITECHNIKA

2024/3.

A MÚLT, A JELEN ÉS A JÖVŐ FEGYVEREI

LVIII. ÉVFOLYAM 3. SZÁM • ÁR: 990 Ft

KC-390



HADITECHNIKA
MEGÚJULT KÜLSŐVEL, ÉS VÁLTOZATLANUL
MAGAS SZÍNVONALÚ TARTALOMMAL

**POSZTER-
MELLÉKLETTEL**



**A MAGYAR HONVÉDSÉG
MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS FOLYÓIRATA**

Az MTA IX. osztály Hadtudományi
Bizottsága által „A” kategóriába sorolt,
lektorált folyóirat,
LVIII. évfolyam 2024/3. szám

A szerkesztőbizottság elnöke:
Dr. Porkoláb Imre dandártábornok

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

Főszerkesztő:

Prof. dr. Padányi József ny. 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 (MHHT, TÜK)
Prof. dr. Kiss Péter (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)
Prof. dr. Kovács László dandártábornok (NKE HHK)
Dr. Koller József dandártábornok
Könczöl Ferenc ezredes (MH LEP)
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)
Dr. Trembeczki László András
(HM El Zrt., HM ARMCOM Zrt.)

Lektori bizottság elnöke:

Dr. Keszthelyi Gyula ny. dandártábornok (MKLE)

Felelős szerkesztő:

Dr. Végvári Zsolt alezredes (NKE HHK, MHHT, TÜK, MEE)

Szerkesztő:

Rojkó Annamária főtanácsos (MŰOSZ, TÜK)

Katonai szerkesztő:

Druzsán József őrnagy (MHHT, TÜK, MKLE)

Szerkesztőasszisztens:

Drahos Gabriella

Olvasószerkesztő: Kádár M. György

Tördelőszerkesztő: Kiss Fanni Flóra

Műszaki szerkesztő: Gróf István

A Zrínyi Kiadó vezetője: dr. Hajdú Ferenc igazgató

Nyomdai előkészítés és 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: +36 30-773-7494

haditechnika@hmrzinyi.hu

kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT

https://www.facebook.com/HTfolyoirat/

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

TANULMÁNYOK

- Gulyás Attila:
Pilóta nélküli platformok adatátviteli
megoldásai **2**
- Földi Ferenc:
A Gepárd nagy űrméretű puskák
fejlesztésének története *VIII. rész* **8**
- Farkas Zoltán:
Páncélozott műszaki-mentő járművek *III. rész* **13**

NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

- Ocskay István – Vég Róbert László:
Caracal, a légi szállításra optimalizált
militarizált terepjáró **21**
- Kovács Zoltán – Ember István
– Daruka Norbert:
Orosz IED- és akna-távfelderítő eszközök **24**
- Ocskay István:
A Lauster járművek története
és az MF 60 mérőjármű kialakítása **31**

ŰRTECHNIKA

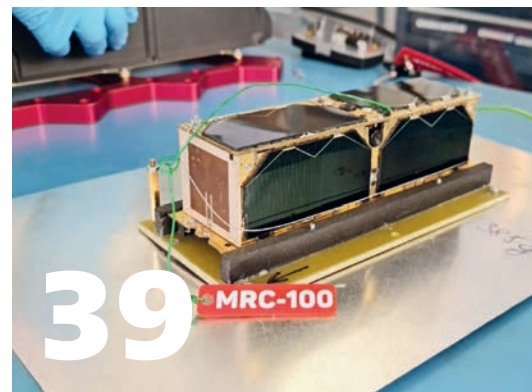
- Herman Tibor – Dudás Levente – Pál András:
Zsebben elférő űrtechnológia **39**

HAZAI TÜKÖR

- Hegedűs Ernő:
ADAM-technológiájú 3D-s fémnyomtatás *II. rész*
Technológiai jellemzők és alkalmazási lehetőségek
a hadiiparban, a haderőben és a katonai
logisztikában, különös tekintettel az UAV-kra és a
könnyűjárművekre **45**
- Balla János:
Dassault Falcon 7X **51**
- Zentay Péter:
Operation: DEEP PURPLE *I. rész* **58**

HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

- Hajós Bence:
Egy katonai provizórium-gyűjtemény
a Tiszán **64**
- Hajdu Péter:
A magyar Phönix C.I-es repülőgépek
története *III. rész* **70**





GULYÁS ATTILA*

PILÓTA NÉLKÜLI PLATFORMOK ADATÁTVITELI MEGOLDÁSAI

ÖSSZEFOGLALÁS: Tudományos közlemények sokasága készül a pilóta nélküli légi járművek (UAV) és a pilóta nélküli légijármű-rendszerek (UAS), hálózatok és eszközök bemutatása, műszaki-technikai paramétereik leírása céljából. Talán kevesebb a nyilvános információ az átviteli frekvencia-tartományokról és az adatátviteli csatornák alkalmazott modulációiról. E tudományos közleményben a szerző bemutatja a drónok polgári és katonai frekvenciatartomány-felhasználását, és az alkalmazott modulációs eljárásokat.

KULCSSZAVAK: UAS, UAV, digitális moduláció, nagysebességű adatátvitel

ABSTRACT: A large number of scientific publications have been prepared to present UAVs and UAS networks and equipment to describe their technical parameters. Perhaps less information is shared on the transmission frequency ranges and the modulations of the data transmission channels used. In this scientific essay I intend to present the civil and military frequency range usage of drones and the modulation techniques used for data (video) intercom.

KEYWORDS: UAS, UAV, digital modulation, high-bandwidth data exchange

BEVEZETÉS

A pilóta nélküli légi járművek (Unmanned Air Vehicle – UAV), a pilóta nélküli légijármű-rendszerek (Unmanned Air Systems – UAS) és ezen rendszerekből alkotott hálózatok az elmúlt években komoly műsza-

ki fejlesztéseken mentek keresztül, és további jelentős fejlődés előtt állnak. Az UAV-eket, vagy drónokat a műszaki terminológiában pilóta nélküli légi platformoknak is nevezik. A forgalomba helyezett drónok száma robbanásszerűen növekszik, csak az elmúlt évtizedben, éves bontásban is több millió eszközt gyártottak. A légi eszközök köre egyre bővül a néhány gramm tömegű mikrodrónoktól kezdve a nagyobb szárnyfeszítávolságú, akár repülőgép méretű légi járművekig. Az egykor csak katonai műveletekre tervezett légi eszközöket, a drónokat ma már egyre szélesebb körben használják polgári és a katonai alkalmazásokban is. Ugyanakkor – figyelembe véve a fejlődés ütemét, az érintettek számát és a dróntechnológia által kínált, kijelenthetően közel korlátlan lehetőségeket – nem kétséges, hogy a pilóta nélküli légi eszközök alapvetően meg fogják változtatni a légi hadviselést, a harctámogatás jellegét. A Nemzetközi Távközlési Egyesület rádió szekciója (International Telecommunications Union¹ – Radio Communications Sector – ITU-R) jelentése alapján az UAS-ek fejlődése világszerte, fókuszáltnan az Egyesült Királyság területére töretlenül tűnik a 2020-as évek közepén is. [1]

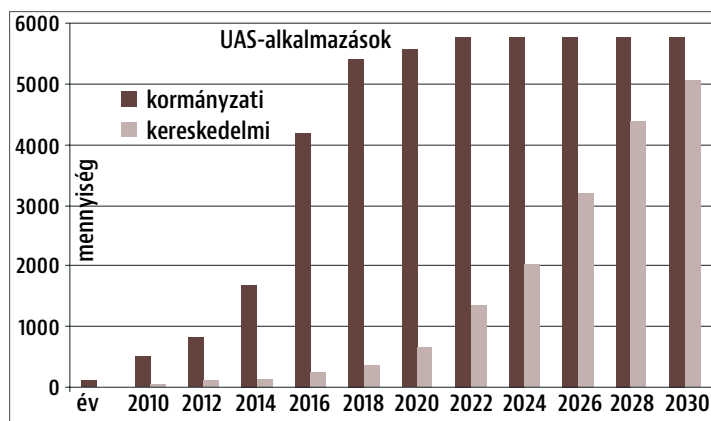
A UAS polgári és katonai alkalmazásáról számos tudományos közlemény született, több évtizedes kutatói múlttal rendelkező szakemberek a Nemzeti Közszolgálati Egyetem tanszékeiről, az Óbudai Egyeterről és más intézményekből, valamint polgári szerveződések kutatóinak a tollából megannyi szakmai, tudományos közlemény jelent meg, és azok fejlesztése, a kutatások dokumentálása folyamatos. [2][3][4][5][6]

* Ezredes, PhD, Csoporthőnök, Híradó, Informatikai és Információvédelmi Csoporthőnök, Honvéd Vezérkar. ORCID: 0000-0001-5774-5757

1 Az ENSZ mellett működő szakosított szervezet, amelynek feladata a nemzetközi távközlési együttműködés elősegítése.

[7][8] E tudományos közlemény célja az UAS adatátviteli hálózatainak, frekvencia-felhasználásainak, azaz felosztásának és az alkalmazott modulációs módjainak a bemutatása, így e fenti hivatkozások áttekintése lehetőséget biztosít az olvasónak, hogy az UAV/UAS fogalmakat elhelyezze a hétköznapi élet polgári és katonai alkalmazásaiban.

Mivel megannyi tudományos közlemény kerül – akár naponta, hetente – publikálásra e területen, elsősorban ázsiai (kínai és az indiai egyetemek) kutatói jóvoltából, így azokat csupán citálni lehetséges, feldolgozni és értelmezni azonban szinte lehetetlen küldetés. Ebben a tanulmányban a fókusz az UAS-hálózat adatcseréjére korlátozom, bemutatva a polgári és a katonai frekvenciatartomány használatát, valamint a nagysebességű adatátvitel lehetővé tevő speciális modulációs módokat, amelyek lehetővé teszik az UAV–UAV, valamint az UAV és a földi irányító elemek (Ground Stations – GS) közötti, nagysebességű (elsősorban kép/video) adatátvitelt.



1. ÁBRA. Az UAS műveleti alkalmazások fejlődése [1; 50. o.]

AZ UAS-FREKVENCIA FELHASZNÁLÁSA

Általánosságban kijelenthető, hogy a polgári kereskedelemben forgalmazott, az üzleti – és benne a szórakozási/szórakoztatási – céllal alkalmazott drónok frekvencia-felhasználására jellemző, hogy a frekvenciakiosztásuk a 2,4 GHz és az 5,8 GHz tartományokhoz közeli sáv tartományokra korlátozódik, átlagolva 4,6–29,4 (de legfeljebb 34) MHz sáv szélesség (műholdas átvitel esetén legfeljebb 56 MHz mellett). [9] Ugyanakkor az UAS-ek kereskedelmi forgalomba helyezése esetében a mindenkori nemzeti szabályozók figyelembevétele vitális. Hazánkban a Nemzeti Média és Hírközlési Hatóság (NMHH), valamint a Védelmi és Rendészeti Frekvenciagazdálkodási Igazgatóság (VRFGI) rendelkezik a frekvenciatartományok felett. [10]

Katonai vonatkozásban, a hatályos jogszabályok (7/2015. NMHH rendelet a nemzeti frekvenciafelosztásról, valamint a frekvenciasávok felhasználási szabályairól – NFFF) és a műveleti szabályok (Operations Security – OPSEC) alapján, a tervezhető frekvenciasávok az alábbiak:

- 2100–5000 MHz között:
 - 2200–2245 MHz (katonai mozgó rendszerek, harmonizált katonai sáv),
 - 2370–2400 MHz (katonai mozgó rendszerek, harmonizált katonai sáv),
- 5600–5900 MHz között:
 - Tervezés alatt. Egyelőre nincs katonai mozgó rendszerekre kijelölt sáv, így a teljes sávban nem megengedett a légi mozgó rendszer üzemeltetése.

Az 1. táblázat feldolgozásával betekintést nyerünk a katonai UAS-ek hazai, szabályozott frekvenciahasználatába, a táblázatban szereplő adatok harmonizálnak a NATO (North Atlantic Treaty Organization) és az Európai Unió (EU) vonatkozó jogszabályaival.

1. TÁBLÁZAT. A katonai mozgó rendszerek frekvenciasávjai [11]

Frekvenciasáv [MHz]	A katonai mozgó rendszerek fajtái	Hatótávolság [km] (a meghatározott lefedettségű terület sugara)
335,4–380	(harmonizált katonai sáv)	általánosságban, max. 4
1350–1400	(harmonizált katonai sáv)	általánosságban, max. 10
1670–1675	(nem harmonizált katonai sáv)	általánosságban, max. 5
2200–2245, 2370–2400	(harmonizált katonai sávok)	általánosságban, max. 100
1350–1400	(harmonizált katonai sáv)	általánosságban, MH gyakorlóterekre korlátozott
100–2500 / 5600–5900	(harmonizált katonai sáv / tervezés alatt)	általánosságban, max. 5/7/15/60
4835–4950	(harmonizált katonai sáv)	általánosságban, max. 20

A NATO CaP3 SpA CaT (Civil/Military Spectrum Capability Panel Spectrum Analysis Capability Team – Polgári/katonai spektrum képességpanel, spektrumelemző képességcsoport) munkacsoport felmérte a NATO-tagországokban működő katonai célú pilóta nélküli légi jármű-rendszerek (UAS) által használt frekvenciákat. A nemzeti válaszok alapján összesített eredményeket a NATO CaP3 2021. április 12–14. között megrendezett katonai értekezletén ismertették. A kérdőíveket kitöltő NATO-tagállamok az alábbi válaszokat fogalmazták meg (2. táblázat):

2. TÁBLÁZAT. A NATO-országok által üzemeltetett katonai mozgó rendszerek (UAS-ek) frekvenciasávjai [12]

Frekvenciasáv [MHz]	UAS-t üzemben tartó / üzemeltető tagországok [db]
1350–1400	12
2200–2245	16
4400–5000	14

Az 1350–1390 MHz és a 2200–2290 MHz közötti sávok felhasználásának tervezésekor célszerű annak a szempontnak a figyelembevétele, hogy azok – a kedvező hullámterjedési viszonyok miatt – a földi mozgó szolgálat keretében is alkalmasak távirányítású eszközök működtetésére.

Az [11] alapján, az 1350–1390 MHz frekvenciatartományban a nem polgári célú felhasználók számára csak az 1350–1375 MHz frekvenciasávban van lehetőség mozgó rendszerek elsődleges jelleggel történő üzemeltetésére. Ugyanakkor a sávban a rádiólokáció-szolgáltatás is elsődleges jelleggel engedélyezett a polgári és nem polgári felhasználók számára (együttes sáv). A 4835–4950 MHz frekvenciatartomány NATO-harmonizált sáv, a másodlagos jelleggel működő rádiócsillagászati alkalmazások kivételével, egyelőre kizárólag katonai használatú. A 4400–4825 MHz és 4835–4950 MHz sávokban felhasználható részsávokat, a sávhasználati feltételeket és frekvenciagazdálkodási követelményeket az NMHH külön megállapodásokban szabályozza partner szervezeteivel.

A polgári és a katonai frekvenciasávok rövid bemutatását követően térjünk rá az adatátvitelhez szükséges adatkapcsolati módok, modulációs eljárások vizsgálatára. Az alkalmazott frekvenciasáv-tartományok ismerete vitális az adatkapcsolati távolságok tervezésekor, hiszen a fizika törvényei az elektromágneses hullámter-

jedésre adottak, és jelentősen behatárolják (korlátozzák) mind az adatátviteli távolságot, mind a rendelkezésre álló sáv szélességet, bitsűrűséget is.

AZ UAS-EK JÖVŐBELI MODULÁCIÓS ELJÁRÁSAINAK TERVEZÉSI SZEMPONTJAI

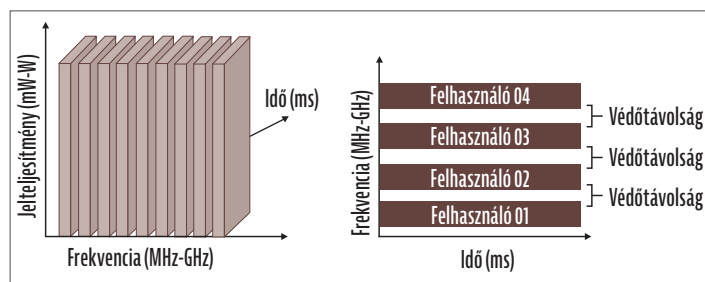
Világosnak tűnik, hogy mint a föld-föld rádióforgalmi rendszerek esetében, az UAV-k és az UAS-ek információátvitelében is megjelenik a szórt spektrumú adatkapcsolat és/vagy a frekvenciaugratásos műszaki eljárás is. Általánosságban kijelenthető, hogy mindkét alkalmazás jelentősen képes javítani az adatátviteli rendszer zavarvédeltségét más rendszerekkel szemben, illetve nagyban csökkenteni annak valószínűségét, hogy más polgári vagy katonai földi, vagy UAS-rendszerek működésében zavart okoznának.

Jelentős követelmény, hogy a polgári 5G rendszerekhez hasonlóan (5th Generation Systems/Services – 5GS²), a földi egység és a pilóta nélküli eszköz föld-levegő-föld (Ground-Air-Ground – GAG), vagy föld-levegő-levegő-föld (Ground-Air-Air-Ground – GAAG) közötti adatátvitel nagy áteresztő képességű (szélessávú), alacsony késleltetésű (Ultra Reliable Low Latency Channel – uRLLC), nagy képességű, akár 4K minőségű video-adatátvitelt tegyen lehetővé. Az 5GS hálózati követelmények részletezéséhez a legautentikusabb források a Nemzetközi Távközlési Egyesület Infokommunikációs Szakcsoportjának (ITU-R) hálózatspecifikáció-összefoglalói, amelyeket a nemzetközi telekommunikációs fejlesztések irányának kijelölése érdekében fogalmaztak meg (IMT-A és IMT-2020³), kutatási-fejlesztési célokra létrehozott polgári vállalkozásokkal támogatva (például a 3rd Generation Partnership Project – 3GPP). [13][14]. Az IMT-2020 ajánlásban megfogalmazott, az 5GS hármass követelményrendszere az alábbiak szerint foglalható össze: a vezeték nélküli rendszer jelátviteli sebességének és sáv szélesség-növelésének (enhanced Mobile Broad Band – eMBB) a lehetővé tétele, M2M/IoT hálózatok kiemelt támogatása (massive Machine Type Communications – mMTC), valamint rövid jelkésleltetési intervallumok (uRLLC) tervezése. [15] Ezeket a rendszerparamétereket célszerű kiterjeszteni tehát az UAS-re is.

Ugyanakkor az UAS-ek, légi platformokként érzékenyek a fel szálló tömegre, és a korlátozottan rendelkezésre álló energiaforrásokra (tápkapcsolatok), így kompromisszumot kell kötni a nagy átviteli adatsebességet garantáló, fejlett modulációs eljárások megnövekedő energiaigénye (teljesítményfelvétel) és az egyszerű üzemeltetési/repülési magasság, valamint a repülési és adattovábbítási üzemidő között. Az optimumra törekvés elve alapján azt kell vizsgálni, mely modulációs eljárás implementálható az UAS-ek korlátozottan rendelkezésre álló erőforrásaihoz. Az egyik ilyen megoldás lehet a frekvenciaosztásos multiplexelés tervezése, figyelembevétele.

Az 5GS által is alkalmazott frekvenciaosztásos (Frequency Division Multiple Access – FDMA) adatátviteli rendszerek alapelve, hogy a teljes rendelkezésre álló sáv szélességet diszkrét részekre (szegmensekre) osztja szét, és minden egyes felhasználóhoz/azonosított adatcsatornához egy-egy dedikált szegmenst rendel. (2. ábra) Más megközelítésben, minden felhasználó számára dedikált frekvenciaszegmenst jelölnek ki, védőtávolságok fenntartásával. Az adás- és vételi frekvenciák elkülönülnek.

Az FDMA előnyei között sorolják fel a stabilan rendelkezésre álló bitrátát és a relatíve hosszabb szimbólumidőket, a hatékonyan



2. ÁBRA. FDMA-csatornakiállítás (A szerző szerkesztése [16] alapján)

használható/csökkentett szimbólumközi interferenciákat, a könnyű blokkémaalapú kialakítást és az egyszerűbb csatornaszinkronizációt, valamint a szimbólumkeretek (framing) megvalósítását. Ugyanakkor az FDMA csak kismértékben különbözik más analóg moduláció-kialakítástól, bár azoknál jobb jel-interferencia elnyomással, valamint jel-zaj viszonyal rendelkezik. A bitráta kötött és a frekvenciák közötti védőtávolságok (guard bands) csökkentik a felhasználható teljes sáv szélességet. A fizikai blokkéma-kialakításnál a keskenysávú szűrőáramkörök tervezése és kialakítása alapkövetelmény, ugyanakkor ez növeli az áramkörök bekerülési költségeit. [17]

A teljesség igénye nélküli elemzést végrehajtva, az FDMA két megvalósítási lehetősége (technológiája) a szimpla vivőcsatornás, többszörös multiplexálás és a több vivőcsatornás, többszörös multiplexálás, amelynek egy különleges megvalósítása az ortogonális frekvenciaosztás. A következőkben – hangsúlyozottan a teljesség igénye nélkül – a már citált, az 5GS rendszerben alkalmazott ortogonális frekvenciaosztású többszörös, multiplexálást (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – OFDM), valamint a szimpla vivőcsatornás, frekvenciaosztásos, többszörös multiplexálást (Single Carrier Frequency Division Multiple Access – SC FDMA) mutatom be, illetve hasonlítom össze.

ORTOGONÁLIS FREKVENCIAOSZTÁSÚ TÖBBSZÖRÖS MULTIPLEXÁLÁS

Az OFDM az egyik leggyakrabban alkalmazott többvivős modulációs eljárás, amely alapját képezi az LTE-A (3GPP Long Term Evolution – Advanced) és az IEEE 802.11 szabványcsalád egyes átviteltechnikai megoldásainak. Az OFDM alap gondolata, hogy a nagy adatsebességű adatfolyamnak a rádiócsatornán történő átvitele megvalósulhat az adatfolyam több, kisebb sebességű adatcsatornára történő bontásával, és azok vivőfrekvenciáinak egyedi, a többi vivőtől független, ortogonális, egyidejű digitális modulációjával. [18][19]

A szimbólumok csatornaátvitele megvalósulhat időosztásban (separation in time: IEEE 802.11 a/g/d), idő és frekvenciaosztásban (separation in time and frequency: IEEE 802.16 d/e, 802.20) és kódosztással (separation in codes: MC-CDMA – Multi-Carrier Code Division Multiple Access).

Ezen eljárásokkal a rádiócsatornában terjedő vivők átviteléhez tartozó szimbólumidők ugyan az eredeti többszöröse lesznek, ugyanakkor a részcsatornák átvitele ellenállóbbá válik a hullámterjedésből eredő időintervallum-eltolás, valamint a csatornazajokkal szemben. A rádiócsatornában továbbítandó digitális/analog függvények a vételi helyre (vevőantenna) nem, csak közvetlen, de közvetett módon (többszörös visszaverődés, reflexió elve) is eljutnak, ezért a vett szimbólumok közötti interferenciával számolni kell. Ha a csatornák közötti

2 Az ITU-R, az IEEE 802.11 és a 3GPP szabvány- (ajánlás) családban rögzített rendszerparaméterek alapján összeállított, a vezetékes és a vezeték nélküli hálózatokat tartalmazó, azokat integráló adatátviteli rendszer(ek).

3 IMT-A: International Mobile Telecommunications – Advanced (4G LTE-A) és IMT-2020 (5G).

legnagyobb időkülönbség t_{max} , a továbbított adatok szimbólum ideje T , a szimbólumok interferenciájának (Inter Symbol Interference – ISI) értékét az alábbiak szerint kapjuk [20]:

$$ISI = \frac{t_{max}}{T} \quad (1)$$

Az N csatornás többvívő rendszer esetében egy részcsatorna adatátviteli sebessége (D_r) a teljes csatornasebesség és a csatornák számának hányadosa. Ezt figyelembe véve a részcsatorna szimbólumideje (T_r) az alábbi összefüggéssel számolható [21]:

$$T_r = \frac{1}{D_r} \quad (2)$$

A matematikai helyettesítésekből következik, hogy a részcsatorna szimbólumideje az eredeti szimbólumidő N -szerese, azaz az ISI részcsatornára adódó értéke:

$$ISI_r = \frac{t_{max}}{T_r} = \frac{t_{max}}{T \cdot N} \quad (3)$$

En az összefüggés rámutat, hogy a szimbólumközi interferencia N -ed részére csökkenésével és a részcsatornák számának helyes megválasztásával a több utas hullámterjedés kedvezőtlen hatásai jelentősen csökkenthetők. Az ISI értékének alacsony szinten tartása a vevőkészülék egyik kiemelt feladata. A vivőfrekvenciák átlagos száma akár több ezerig terjedhet.

A több vivő modulációja és demodulációja végrehajtható diszkrét Fourier-transzformációval (Discrete Fourier-transformation – DFT) [22], gyors Fourier-transzformációval (Fast Fourier-transformation – FFT), illetve annak inverz műveletével (Inverse Fast Fourier-transformation – IFFT). Ebben az esetben egy függvény (f_t) N darab frekvenciámin-tával (f_m) is megadható, ahol $m=0,1,2,\dots,N-1$. Az f_m értékei komplex számok, amelyek Fourier-transzformáltja N számú frekvenciaértékeket ad. A diszkrét Fourier-transzformált matematikai alakja:

$$F_{(n)} = \sum_{m=0}^{N-1} f(k) e^{j \frac{2\pi m n}{N}} \quad n=0,1,2,\dots,N-1 \quad (4)$$

A jelfeldolgozás során követni kell a Shannon/Nyquist mintavételi szabályokat, azaz a mintavételi frekvenciának a legnagyobb alkalmazott frekvenciaérték kétszeresének kell lennie. A sávhatárolt jel egy szimbólumának t időtartama alatt T_{mv} gyakorisággal kell N -darab mintákat venni (Δt – mintavételi idő, B – sávzélesség):

$$\Delta t = \frac{1}{2} B = T_m \quad (5)$$

Az idősorozathoz a frekvenciatartomány N darab ($N=0,1,2,3,\dots,N-1$) mintája tartozik. A nulladik elem az időfüggvény átlaga, az első elem az első harmonikus, a további frekvencia-összetevők az első harmonikus többszöröse (felharmonikusai). Így az adott sávzélesség-tartományban elhelyezkedő N tagú frekvenciasor szimmetrikusnak tekinthető, az N -edik minta a Nyquist-frekvencia. E szimmetrikus esetben, spektrális tekintetben elegendő az $N/2$ mintáig figyelemmel követni a frekvenciaértékeket. Ez az a frekvenciaérték, amelynek meghatározása kiemelten fontos a későbbi hibamentes adatjel-visszaállítás érdekében (Inverse Discrete Fourier Transformation – IDFT).

A jelvisszaállítást támogatja a felkeverést megelőzően az időtartománybeli mintákba vegyítendő ciklikus előtag (Cyclic Prefix – CP), amely többnyire a jelfolyam N számú mintájából, és az utolsó mintának a jelalak elejére történő másolásával állítanak elő, amellyel a vevőoldali többutas áthallás jelentősen csökkenthető, illetve magas százalékos arányban kiküszöbölhető.

A mintavételezés során természetesen megjelenik az alapsávnak megfelelően az alsó és a felső oldalsáv is. Az alapsávban zavarösszetevők jelennek meg, amelyek adatátviteli hibákat okoznak. Ennek kiküszöbölése az alkalmazott frekvenciaértékek helyes kiválasztásával, valamint a vevőoldali hibajavító eljárások alkalmazásával valósulhat meg.

A modulációs eljárásokat vizsgálva [23][24] általánosságban kijelenthető, hogy magasabb szintű moduláció alkalmazásával – azonos csatornaparaméterek mellett – nő a csatorna kihasználási szintje, ezzel együtt az adatátviteli sebesség növelhető. [25]

Az OFDM alapsávi időfüggvényét (u_{as}) a következő összefüggéssel írhatjuk fel ($A_k + jB_k$ – komplex digitális moduláció a k -adik adatblokkban, $e^{j2\pi f_k t}$ – vivőhullám):

$$u_{as}(t) = (A_k + jB_k) \cdot e^{j2\pi f_k t} \quad (6)$$

Az információ továbbításának az átviteli csatornához történő alakítása az alvívök amplitúdó és fázis modulációjával valósulhat meg. Ennek időfüggvénye [26]:

$$z_{as} = \sum_{n=0}^{N-1} \{a_n \cos(2\pi f_n t) + b_n \sin(2\pi f_n t)\} \quad (7)$$

Az u_{as} alapsávi jel előállításához N darab alvívő frekvencia szükséges, a teljes modulált időfüggvény a külön-külön, de azonos időben modulált alvívök függvényösszege.

A modulációs rendszer fizikai kialakításának, elsősorban a végerősítő megépítése szempontjából újabb kihívást jelent a csúcstényező értékének, dinamikájának határokon belül tartása, amely az OFDM-jel-sorozat egyik jellemző értéke. A csúcstényező (Peak to Average Power Ratio – PAPR) értéke a jel átlagteljesítménye, és a legnagyobb pillanatnyi teljesítményértékének logaritmusos értéke [27][28]:

$$PAPR = 10 \log_{10} \left(\frac{z_{as}^2}{\sum_{n=0}^{N-1} a_n^2} \right) \quad n=0,1,2,\dots,N-1 \quad (8)$$

A csúcstényező értéke is függ a vivők számától, nagyobb vivőszám esetén a csúcstényező átléphet egy olyan kritikus értéket, amely a végerősítő fizikai kialakításának szab határt. Az áramköri fizikai kialakítás folyamán ezért csúcstényező-csökkentő eljárásokat alkalmaznak. [29]

Az OFDM-jelátvitel előnyei között felsorolhatjuk, hogy a részcsatornák ortogonalitása és a védőtávok a csatornainterferenciát jelentősen csökkentik, a részcsatornák esetében egyszerűbb a csatorna kiegyenlítése, a Fourier-eljárás változatai csökkentik a számítási műveletek számát, az átvivendő EM-frekvenciaspektrum hatékony továbbítása megvalósítható a részspektrumok átlapolásával. Hátrányai, hogy az amplitúdó-eloszlás nagy dinamikájú, nagy csúcstényező értékű, továbbá kiemelt fontosságú a vivőfrekvenciák pontossága mind az adó, mind a vevő oldalon⁴. Figyelemmel kell lenni továbbá a vivő- (csatorna) szinkronizáció és a csatornaki egyenlítés követelményeire is. Az OFDM-jel spektrális sűrűsége a vivők számának a függvénye, ugyanakkor a vivőszámot sem növelhetjük a végtelenségig, hiszen az jelentősen befolyásolja a csúcstényező értékét, és komoly komputációs kihívásokat támaszt az FFT-műveletek területén. Újabb tényező az adó- és a vevőoldali oszcillátorok közötti frekvencia-eltérés (*offset*), amelynek valószínűsége N számú vivővel kalkulálva N -szeres, így szabványértékeken, korlátokon belüli tartása alapkövetelmény.

Összességében kijelenthető, hogy a magas szintű rendszerkövetelmények csakis úgy elégíthetők ki, hogy – az átviteli rendszer

4 Az OFDM részcsatornák frekvenciái – általánosságban, számszerűen – a néhány száz és az ezer közötti mennyiség tartományba tehető. Itt a segédvivők egymástól való távolsága néhány száz kHz-től néhány kHz-ig terjedhet. E vivőtávolság meghatározása a csatornajellemzők függvénye, míg azok számának meghatározása a teljes sávzélesség függvényében történik. Az LTE-A esetében a segédvivők távolsága 15 kHz, azonban a számuk függ a sávzélességtől, így 10 MHz-es sávzélesség esetén az alvívök száma 600, míg 20 MHz-nél ez kétszereződik. [30]

funkcióinak, feladatrendszerének ismeretében – ésszerű kompromiszsumokat kötünk az egyik, vagy a másik rendszerparaméter előnyére, illetve kárára.

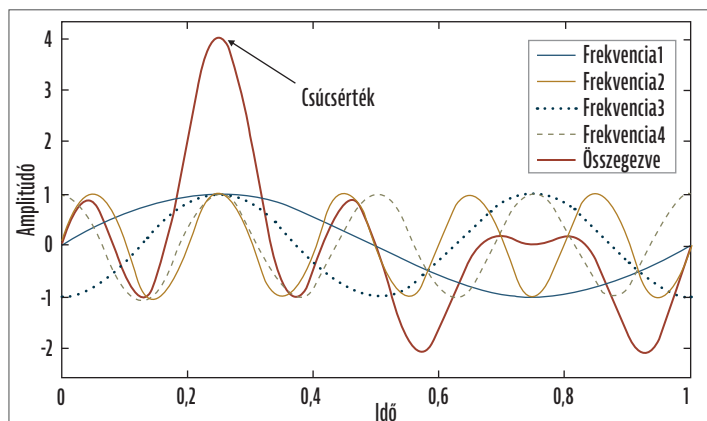
SZIMPLA VIVŐCSATORNÁS, FREKVENCIAOSZTÁSOS, TÖBBSZÖRÖS MULTIPLEXÁLÁS (SC FDMA)

Ahogy az OFDM esetében megismerhető, a jelszint átlagának optimális (normális/Gaussi-eloszlás [31]) fenntartásához elengedhetetlen a PAPR és az ISI (Inter Symbol Interference) értékének biztos szinten való tartása. A 3. ábrán az egyedi magas amplitúdószintből (kiugrás) kikövetkeztethető, hogy ennek mértéke jelentősen megváltoztatja a vételi oldal jelteljesítményének átlagát. Kutatótársaim 2015. évi tudományos közleményükben [32] rámutattak az N-szeres ortogonalitás kihívásaira és gyakorlati megoldásukban a szimpla vivőcsatornás multiplexálás, mint lehetséges hatékony, gyakorlati UAS-adatátviteli megoldás felé fordultak.

Ha a többvivős rendszerektől eltekintünk, kézenfekvő megoldás tehát az egyvivős hálózat frekvenciamodulációs vizsgálata, amely a modern, a negyedik generációs mobiltelefonía alapjául is szolgál (LTE-A).

Az SC FDMA az OFDMA egy speciális esete, amikor az idő domain adat-szimbólum-csoportjait diszkrét Fourier-transzformáció (DFT) alkalmazásával átkonvertáljuk a frekvencia domainbe, így készítjük elő a szimbólum-csoportot más szimbólumcsoportokkal történő ortogonális átvitelre. [33]

Tehát a felhasználók egyenként, különböző alvivőket használnak fel a frekvencia domainben. Az átviteli csatornán továbbított jel szimpla egyvivős a frekvencia domainben modulálva, így a PAPR-értéke viszonylagosan stabil, az ISI-értéke is jól szabályozható. A 3. ábrán szereplő, kimagasló amplitúdó – és az ezzel a magasabb átlagos teljesítményszintre utaló PAPR – nem, vagy kevésbé jellemző.



3. ÁBRA. A PAPR-csúcsérték bemutatása (A szerző szerkesztése [34][35] alapján)

A jobb alkalmazhatóság/érthetőség érdekében, az SC FDMA blokk-sémáját az alábbiak szerint mutatom be (4. ábra). [36]

A csatornán továbbítandó jelsorozat a modulátorra vezetjük, ahol az optimális moduláció megvalósul (pl.: Quadrature Amplitude Modulation – QAM). A soros-párhuzamos átalakítást a diszkrét Fourier-transzformáció (DFT) követi annak érdekében, hogy a szimbólumsorozat az idő domainből a frekvencia domainbe konvertálódjon át. Miután az alvivő hozzárendelése megtörténik, inverz DFT (IDFT) és párhuzamos-soros jelátalakítást követően, a CP-t beillesztjük a szimbólumsorozatba. Mielőtt a digitális-analóg konverzió megtörténne, jelformáló szűrőáramkörökön alakítjuk ki a jelszintet a tervezett jelspektrumhoz, valamint az átviteli közegehez illesztendően. Ezután – jelerősítést követően – az átviteli csatornában továbbítjuk az analóg jelsorozatunkat. Az analóg jel visszaalakítása és feldolgozásra történő előkészítése e fenti lépések

inverz folyamatoként fogható fel. Az analóg és a digitális modulációkkal foglalkozó szakirodalomban az SC FDMA-t DFT OFDMA-ként találhatjuk meg vagy dolgozhatjuk fel. [37][38][39]

Összefoglalva, az SC FDMA az egycsatornás adóoldali moduláció miatt alacsonyabb PAPR-rel rendelkezik, a frekvenciaeltérések (*offset*) is kordában tarthatók az adó- és a vevőoldali oszcillátorok pontosabb szabályzásával, valamint – talán ez a legfontosabb szempont – alacsonyabb komplexitású műszaki kialakítás válik szükségessé, amely első-sorban a repülőplatformokon eldöntheti az alkalmazás használatát. [40]

ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban a pilóta nélküli légi jármű-rendszerek létjogosultsága megkérdőjelezhetetlen mind a polgári alkalmazásokban (geodézia, kép- és videó feldolgozás, szórakoztatóelektronikai fejlesztések, futárszolgáltatások), mind a megannyi lehetőséget kínáló katonai felhasználásban, amit az orosz-ukrán háború és legújabban a palesztin-izraeli műveletek is megerősítenek.

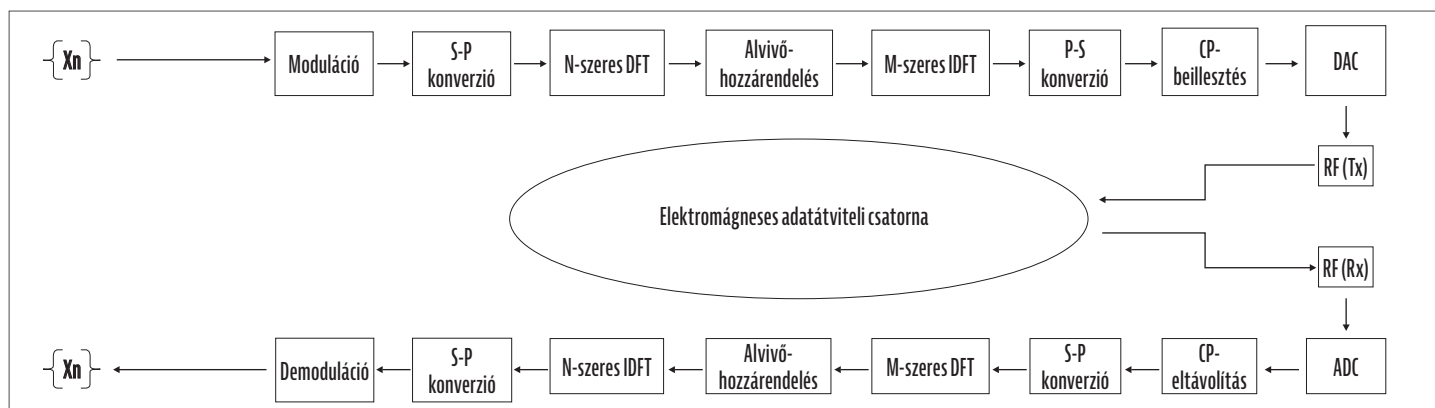
Annak érdekében, hogy az UAV- és UAS-hálózatok mind a repüléshez, mind az adatátvitelhez (hang- és kép-/videójel-átvitel) nélkülözhetetlen információkat továbbíthassák, szoros spektrumgazdálkodásra, valamint szabályozásra van szükség, amit mind NATO- és EU-, mind tagországi szinteken, így hazánkban is el kell végezni. A frekvenciaosztás területén folyamatos felügyelet szükséges, hogy a végesen rendelkezésre álló elektromágneses spektrumot helyesen és célravezetően aknázzuk ki.

A frekvencia-felhasználással, az UAV- és UAS-hálózatok csatorna-kiosztásával szorosan összefüggnek (pl. az antennák méretezése területén) az alkalmazható adatátviteli modulációs eljárásrendszerek, szimpla vagy többszörös vivőmodulációs eljárások, amelyek alkalmazása vitális a nagyfelbontású képtovábbítás igényének a kielégítésekor. Szem előtt kell tartani azonban a méret- és tömegviszonyokból adódó korlátokat is, amikor magasabb rendű modulációk alkalmazását tervezük föld-légi jármű, légi jármű-légi jármű relációkban; az akkumulátoros táplálás korlátai jelentősen befolyásolják a híradástechnikai tervezők lehetőségeit.

A UAV- és az UAS-hálózatok modulációs eljárásainak célszerűségéből meg kell egyeznie a mobiltelefoniai már megtervezett, kikísérletezett és bevált, a föld-föld közötti 4. és 5. generációs távközlési hálózatokra méretezett, a kölcsönösen összekapcsolt és illesztett távközlési (katonai szakkifejezéssel híradó, informatikai és információvédelmi) hálózatokban alkalmazott komplex modulációs eljárásokkal. Itt az azonosított mérnöki feladat, hogy e modulációs eljárások illeszthetőek legyenek az UAV- és UAS-hálózatok sajátosságaihoz (frekvenciahasználat – antennaméretezés, komplex integrált áramkörök – energiafelhasználás stb.).

A tudományos kutatások és a gyakorlati alkalmazások megmutatják, hogy az egyszerűbb, az alacsonyabb rendű modulációk hatékonyabban alkalmazhatók a kis/kisebb értékű, kis repülési magasságon üzemeltetett, néhány óráig az eseti légtérben műveleteket végrehajtó pilóta nélküli légi járművek esetében. A jelenleg túlnyomórészt alkalmazott frekvenciaosztásos multiplexing a híradástechnikai és az informatikai áramköri elemek újabb és újabb verzióinak a megjelenésével és a finommechanikai gyártástechnológia fejlődésével bizonyosan fejlődni fog a magasabb rendű modulációk irányába.

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



4. ÁBRA. Az SC FDMA jelkialakítási bloksémája (A szerző szerkesztése [36; 28. o.] alapján)

HIVATKOZÁSOK

- [1] ITU-R M.2171 Characteristics of unmanned aircraft systems and spectrum requirements to support their safe operation in non-segregated airspace, In: <https://www.itu.int/en/ITU-R/space/snl/Documents/R-REP-M.2171-2009-PDF-E.pdf> <https://doi.org/10.22233/20412495.0124.1> (Letöltve: 2024.1.1.);
- [2] Palik M., Kiss B. A drónok katonai alkalmazása modern katonai műveletek során, Repüléstudományi Közlemények 35. évfolyam (2023) 1. szám pp. 115–130. <https://doi.org/10.32560/rk.2023.1.9>;
- [3] Makkai I. Drónok harca, Repüléstudományi Közlemények 27. évfolyam (2015) 1. szám pp. 61–72.;
- [4] Békési László. A pilóta nélküli légijárművekkel kapcsolatos alapismeretek, Repüléstudományi Közlemények 28. évfolyam (2016) 3. szám pp.159–176.;
- [5] Krajnc Z. A drónok elleni stratégia és eljárások, Repüléstudományi Közlemények 30. évfolyam (2018) 3. szám pp.139–148.;
- [6] Komjáthy L., Csengeri J. A távirányított és pilóta nélküli repülőrendszerek alkalmazási lehetőségei a felkelők elleni műveletek folyamán, Honvédségi Szemle 2017/6, pp. 81–92.;
- [7] Palik M. (szerk.) Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2013.;
- [8] Varga A. A drónok, mint a kockázatmentes hadviselés eszközei. Hadtudományi Szemle, 2013/2. pp. 44–58.;
- [9] Radio Division TEC: Communication aspects of Unmanned Aircraft System (UAS), study paper, In: <https://www.tec.gov.in/public/pdf/StudyPaper/UAV.pdf>; <https://doi.org/10.12968/nuwa.2023.12.29> (Letöltve:2023.12.29.);
- [10] Balogh J. A nem-polgári célú frekvenciagazdálkodás az NMHH-ban, előadás, 2019. szeptember 04.;
- [11] 7/2015. (XI. 13.) NMHH rendelet a nemzeti frekvenciafelosztásról, valamint a frekvenciasávok felhasználási szabályairól (NFFF), 2. melléklet;
- [12] CaP3 SPA CaT munkacsoportülés jk. (Weboldal belépés csak regisztrált felhasználóknak), In: <https://nhqc3s.hq.nato.int/Default.aspx>;
- [13] ITU-R: Recommendation ITU-R M.2021-3 (IMT-Advanced) January 2018, pp. 4–23.;
- [14] ITU-R: Recommendation ITU-R M.2021-4 (IMT-Advanced) November 2019, pp. 16–23.;
- [15] Demir, F., Elkourdi, M., Ibrahim, M., Arslan, H. Waveform design for 5G and beyond, arXiv: 1902-05999v1, 15 February 2019, pp. 2–4.;
- [16] Garg, K., Wang C. Electrical engineering handbook 2005 pp. 1005–1006.;
- [17] Myung, G., Lim, J., Goodman, D.: Single carrier FDMA for uplink wireless transmission (2006), IEEE Vehicular Technology Magazine. 1 (3) pp. 30–38, <https://doi.org/10.1109/MVT.2006.307304>;
- [18] Sebestyén Á. A DVB-T rádiófrekvenciás visszirányú megoldásainak bemutatása, Híradástechnika LIX. évfolyam 2004/7, p. 47. ISSN 0018-2028.;
- [19] Pap L. Az új mobil technológiák – az LTE és a kognitív rádió alkalmazások műszaki összefüggései, hatásai, Pro-M Zrt. előadás, 2014. október 26, slides 12–18.;
- [20] Kollár Zs., Varga L., Horváth P. Modern, többvívós rendszerek kognitív rádiós alkalmazásokban, Híradástechnika LXVI. évfolyam 2011/3., pp. 74.;
- [21] Kollár Zs., Horváth P. PAPR reduction of FBMC by clipping and its iterative compensation, Journal of Computer Networks and Communications Hindawi Publishing Co. Volume 2012, pp. 12–13.; <https://doi.org/10.1155/2012/382736>;
- [22] Khalid. An interactive guide to the Fourier Transformation, In: <https://betterexplained.com/articles/an-interactive-guide-to-the-fourier-transform/> (Letöltve: 2024.1.1.);
- [23] Németh A., Károly K. Erőkövetés megvalósításának lehetőségei korszerű harcászati rádiórendszerek kommunikációs csatornáin, Honvédségi Szemle 145. évf. 4. szám (2017) pp. 120–131.;
- [24] Németh A., Károly K. Korszerű rövidhullámú harcászati rádióeszközök erőkövető rendszerekben való alkalmazhatóságának vizsgálata, HSz 144. évf. 6. szám (2016.) pp. 65–78.;
- [25] Károly K. Globális Műholdas Navigációs Rendszerek alkalmazási lehetőségei katonai és polgári célú flotta- és erőkövetési rendszerekben (1.), HSz 146. évf. 1. szám (2018.) pp. 83–97.;
- [26] Kollár Zs., Horváth P. Equalization of multicarrier cognitive radio transmission over multipath channel with large delay spreads, Infocommunications Journal Volume III No. 2. June 2011, pp. 45–46.;
- [27] Bölcskei H. MIMO-OFDM wireless systems: basics, perspectives and challenges, IEEE Wireless Communications August 2006, pp.18–23.;
- [28] Vahidi, V., Saberinia, E. OFDM for payload communications of UAS: channel estimation and ICI mitigation, IET Journals 30 July 2017, pp. 2350–2352. <https://doi.org/10.1049/iet-com.2017.0358>;
- [29] Sandhiyadevi, P., Subharathna, N. Reducing PAPR in OFDM System using Modified Iterative Algorithm in Partial Transmit Sequence Method, 2023 International Conference on Sustainable Communication Networks and Application (ICSCNA), Theni, India, 2023. pp. 743–748, <https://doi.org/10.1109/ICSCNA58489.2023.10370201>;
- [30] Mádi G. LTE uplink rádiós interfész szimulációs vizsgálata, Szakdolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamos és Informatikai Kar, Híradástechnikai Tanszék 2009, p. 25.;
- [31] Eötvös Lóránt Tudományegyetem szakmai anyaga, In: <https://atomfizika.elte.hu/kornyifizlab/docs/mereskiertekeles.pdf>, <https://doi.org/10.22233/20412495.0124.1>;
- [32] Mikó Gy., Németh A. SCFDMA based communication system for UAV applications, 21 April 2015, International Conference Radioelektronika Pardubice Czech Republik In: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/7115433/proceeding?isnumber=7128969&sortType=vol-only-seq&refinementName=Author&refinements=Author:Gyula%20Mik%C3%B3>, <https://doi.org/10.1109/RADIOELEK.2015.7129014> (Letöltve: 2024.1.1.);
- [33] Myung, H., Lim, J., Goodman, D. Peak-to-average Power Ratio of Single Carrier FDMA Signals with Pulse Shaping, Proc. IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC) 2006, Sep. 2006. <https://doi.org/10.1109/PIMRC.2006.254407>;
- [34] Demir, A. F., Elkourdi, M., Ibrahim, M., Arslan, H. Waveform desing for 5G and beyond, University of South Florida, Department of Electrical Engineering, Tampa, FL, USA, Istanbul Medipol University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Istanbul, Turkey, 2018. p. 05. <https://doi.org/10.1002/9781119333142>;
- [35] Rahmatallah, Y., Mohan, S. Peak-to-average power ratio reduction in OFDM systems: a survey and taxonomy, IEEE Communications Surveys Tutorials, vol. 15, no. 4 2013, pp. 1567–1592. <https://doi.org/10.1109/SURV.2013.021313.00164>;
- [36] Atoev, S. An Efficient and Secure Communication Link for Unmanned Aerial Vehicle, MSC Thesis February 2019, Pukyong National University.;
- [37] Rumney, M. 3GPP LTE: Introducing Single-Carrier FDMA, Technical Report, Agilent Technologies, January 2008.;
- [38] Nigam, H., Patidar, K. Performance Evaluation of CFO in Single Carrier-FDMA, International Journal of Elect. Electron. Comp. Eng., Vol. 3, pp. 104–110, 2014.;
- [39] Girdhar, I., Singh, C., Kumar, A. Performance Analysis of DFT Spread OFDM Systems, International Journal of. Advan. Comp. Sci. Tech. Vol. 2, pp. 21–26, 2013.;
- [40] Myung, H. Introduction of SC FDMA, 15th European Signal Processing Conference (EUSIPCO) 3-7 September 2007, Poznan Poland, p. 2145.



FÖLDI FERENC*

58. ÁBRA.
A fotón jól megfigyelhetők
a Gepárd M1
mesterlövészpuska
csőtorkolatát közvetlenül a
tüzelés után elhagyó gázok
(Fotó: HM Zrínyi Nkft. /
hmzrinyi.hu / Kertész László)

A GEPÁRD NAGY ŪRMÉRETŰ PUSKÁK FEJLESZTÉSÉNEK TÖRTÉNETE

VIII. RÉSZ

35 ÉV A HONVÉDSÉG SZOLGÁLATÁBAN

A Haditechnikai Intézet fejlesztő szakemberei 1988-ra elkészítették az 12,7 mm-es Gepárd mesterlövészpuska kísérleti mintapéldányát. A fegyver – Gepárd M1 néven –, több mint három évtizede szolgálja a Magyar Honvédséget. A tanulmány előző részei a fejlesztés előzményeit és a tervezés során felmerült problémákat, valamint azok megoldását ismertették, továbbá a speciális számításokra alapozott fegyvertechnikai eljárásokat mutatták be, a kísérleti mintapéldány elkészítéséről és a fejlesztés folytatásáról. A negyedik rész-

től kezdve a sorozat ezt az izgalmas folyamatot mutatta be, kiemelve az értékelemzéssel (funkcióanalízissel) megkezdett tervezési folyamat eredményeit, és azok hatását a kísérleti minta átalakítására. A sorozat nyolcadik részében folytatódik az egyes mozzanatok követése, az eddig ismertett és tárgyalt szerelvények után, ezúttal a szerelt tok bemutatására kerül sor.

d) A szerelt tok elemzésének ismertetése:

A szerelt tok (59. ábra) mintegy közrefogja az eddig említett a) – c) szer-

kezeti egységeket. Fő funkciója, hogy kapcsolatot teremtsen a talajjal vagy valamely alkalmas megtámasztással (saját lábak vagy külső fegyverállványok), valamint biztosítsa a lövő számára, hogy az eredményes találat érdekében, a fegyvertávcső optikai és a fegyvercsőfurat hossz tengelye a küllballisztikai adatoknak megfelelő térbeli helyzetbe állhasson be a hatáson lőtávolságig⁷². Emellett, de nem alárendelt funkcióként biztosítani kell, hogy a fegyvercsőfurat hossz tengelye tüzelés közben csak a saját vonalában tudjon hátramozdulni,

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

72 Ebben az esetben a hatáson lőtávolság alatt (amit mesterlövész gyakorlatban biztos találatként kell értelmezni egy adott cél ellen) puha célok esetén akár a lövedék maximális röptávolságát is számolni lehetne, ha a környezeti hatások ezt megengednék (de soha nem engedik meg), mert a B32-es lövedék 37 fokos löszögben indítva legalább 6000 m-ig elrepül, és a becsapódási energiája még mindig elegendő lesz egy akár halálos sérülés előidézésére is (dr. Pirooska György PhD igazságügyi fegyverszakértőtől származó adat); ezen a lőtávolságon belül azonban mindenhol. Kemény célok esetén ezt a távolságot a lövedék átütőképessége határozza meg. Ugyanez a lövedék 800 m-en, mindig megbízhatóan átütötte a 10 mm-es orosz gyártmányú páncéllemezt, a dunaújvárosi gyártásból még 1000–1100 méteres távolságról is.



59. ÁBRA. A szerelt tok két változatban. Az a) ábrán három lábon és szerelt csővel, továbbá hátsó lábbal kiegészítve, távcsőszerelék nélkül. A b) ábrán felhajtott villalábakkal, szerelt csővel, szerelt tusával és a hátsó PKM-kapcsoló adapterrel, valamint a távcsőszerelékkal kiegészítve

amíg a lövedék ki nem lép a gázutóhatások átmeneti ballisztikai zónájából. Amint azt már a szerző említette, ez legalább 12-13 mm-es hátrasiklást jelent a szerelt cső és a szerelt tusa együttesének. Mindeközben a szerelt tok legfeljebb a súrlódó erők és a rugóerők együttes hatásának megfelelő (csekély) mértékben mozdulhat meg a talajon, a fegyverállványon még annyira sem. A hátrasiklás végén, amikor mind a szerelt cső, mind a szerelt tusa rugalmatlanul felkoppan a poliuretán ütközőin, az ebből származó fegyverelmozdulás – a nagyszámú lőtéri lövizsgálat szerint – a gyakorlott lövészt még abban sem akadályozza meg, hogy az optikai irányzékon keresztül akár még 100 m távolságban is kövesse a találat eredményét (kemény célok esetén a B32 lövedék orrába sajtolt, a felszakadó orrkúpából kirobbanó és a levegő oxigénjének hatására belobbanó gyújtóanyaga jellegzetes kék füsttel jelzi a találatot). Puha élőszövet esetén, a szerző az olvasó képzeletére bízta a sokkoló látványt⁷³. Mindemellett – bizonyos esetekben – a lövedék a teljes röppályán a távcső látómezőjében végigkövethető⁷⁴.

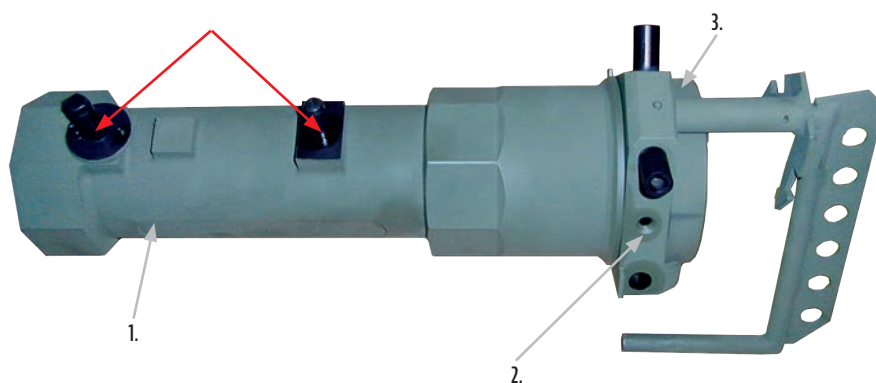
A szerelt tok (60. ábra) az 1. toktestből, azon az irányzékszerelék

beragasztott tájoló tuskéivel (vörös nyilak), a 2. mellső villaláb tartógyűrű és fogantyúvázból, a 3. gyűrű záróanyából, továbbá a tok alján, hátul (59. ábra) a ráhegesztett hátsó adapter sínből és az abba becsúsztatott szerelvényeket rögzítő rugós csapból áll. A toktest nagyszilárdságú acélötvözetből készült, egyedi formavilággal, két végén a nyolcszög keresztmetszetű hasákkal, ami megadja a Gepárd M1 puska jellegzetes megjelenését. Eredetileg ugyanakkor funkcionális jelentősége is volt, mert annak idején a kísérleti minta irányzékrögzítő fecskefarkú sínelemnek két végét a felső síkjaira, beszintezve kellett felhegeszteni (65. ábra). Ennek a sínelemnek a szilárdságát

– a távcső és szerelése tömegéből származó hajlító nyomaték⁷⁵ ellentartására – a feltételezett nyomatékmaximum környezetében, egy merevítő keresztartó alátámasztás beépítésével kellett megnövelni.

Később a toktest löirány szerinti végének jelentősen nagyobb átmérője (60. ábra) alatt helyezkedtek el a mellső amortizáció elemei és a csőszerelvény helyretelő rugója, amelyek ebben a kivitelben – a kísérleti mintapéldánytól eltérően – már védve voltak a környezet szennyező hatásaitól. Az edzett és köszörült, vastagságában illesztett 1. vezetőretesz (62. ábra) funkciója, egyrészt a belballisztikai folyamat alatt a szerelt cső huzagolás hatására fellépő forgatónyomatékból

60. ÁBRA. A szerelt tok a mellső szerelvényével. 1. toktest az irányzékszerelék illesztő tuskéival (piros nyilakkal jelölve), 2. mellső villaláb tartógyűrű és fogantyúváz (a lábak és a fogantyú nélkül), 3. gyűrű záróanya

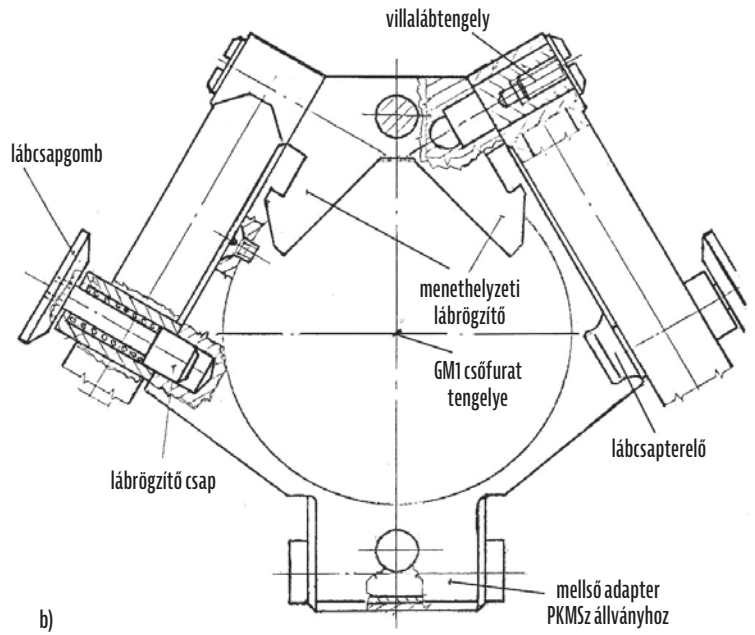
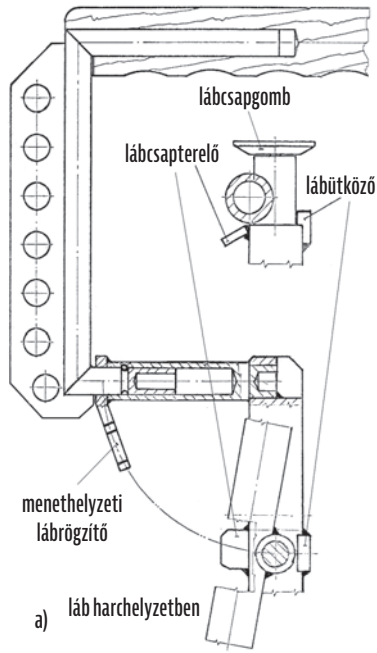


73 Az orrkúp ebben az esetben is felszakad, a belobbanó gyújtóanyag 300 bar (30 MPa) körüli helyi impulzusszerű nyomásnövekedést hoz létre.

74 Érdekes tapasztalat – több lövő is elmesélte a szerzőnek, aki ezt szintén átélhette –, hogy megfelelő légköri viszonyok és kellően magas páratartalom esetén olyan optikai illúziót rajzol a látómezőbe a lövedék orráról kiinduló „Mach-kúp”, mintha magát a lövedéket látnák, persze sokszoros méretben repülni a „légben”.

75 A lövés során az irányzékszerelék tömegéből és a hátraható erőből származó nyomaték, amely a tok hátsó oktagon hasáb felső oldalán, mint forgáspont körül ébred és hajlítja a kéttámaszú tartóként szereplő sínlemezt, és a legnagyobb feszültség a vékony lemez és a szerelék fecskefark kapcsolóeleme, mint rátét alkotta keresztmetszeti lépcsőben ébred.

61. ÁBRA.
A mellső villalábgyűrű és
lábrögzítő szerkezet a)
és a hordfogantyú b)
szerkezeti ábrája



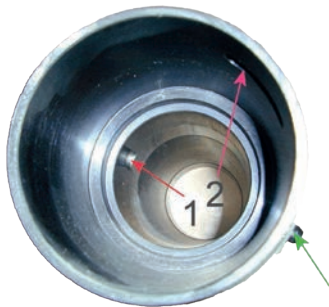
eredő, saját csőfurat tengelye körüli elfordulásának megakadályozása, valamint a szerelt cső akadálymentes hátrasiklásának biztosítása. Másrészt annak biztosítása, hogy a szerelt cső végére szerelt zártok kivágása a fegyverszerkezetben mindig a megfelelő helyzetben (vízszintesen) álljon,

ha a toktest is vízszintes helyzetű a csőfurat hossz tengelyére merőleges síkban. A *mellső villaláb tartógyűrűbe* becsavart csapos hernyócsavar a toktestbe bemart 2. *villaláb elfordulás-határoló hasítékban* (62. ábra) mozogva, a mellső villaláb-tartógyűrű számára $\pm 15^\circ$ elfordulást biztosított a csőfurat-hossztengely körül. Ennek a megoldásnak az a funkciója, hogy az oldalirányú talajlejtést ebben a szűk szögtartományban kompenzálja. A villaláb valamely más tengelyre való felszerelésével szemben (például a fegyvercső alatti, előrenyúló lábcsaprúdra kapcsolással, amikor e rúd körül fordul el az egész fegyver) az az előnye, hogy a fegyvercsőfurat hossz tengelye nem billen el körívben,

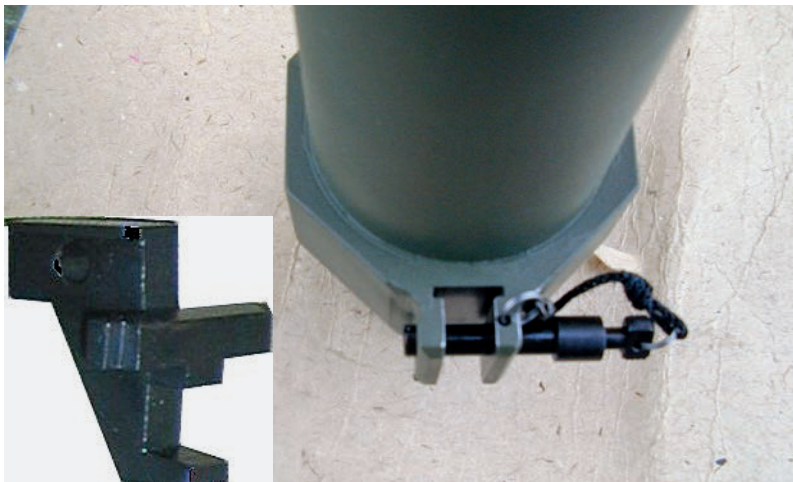
hanem saját tengelyében megmarad a fegyver lejtőhöz képest vízszintesbe állításakor, és a távcső optikai tengelye is csak a lehető legkisebb sugáron billen el. Ez a billegés ugyanis a lábcsaprúd hossz tengelye körül jön létre, ami durván befolyásolhatja a precíz célzás lehetőségét.

A toktest hátsó, alsó lapjának mértani közepére teljes hosszában behegesztett *T sín* (63. ábra) funkciója, hogy kotyogásmentesen befogadja a szerelt tok kiegészítő szerelvényeit (állítható hátsó láb: 59.a ábra), vagy a *hátsó adapter* (59.b ábra), azok alkalmazásával, arra alkalmas fegyver-állványhoz, vagy a belövőpadhoz⁷⁶ való kapcsolhatóságát – végső soron a fegyver stabil megtámasztását – biztosítsa. A kapcsolódó elemek rögzítésére a 63. ábrán látható rugós illesztőcsap szolgál, amely furatát a kapcsolóelemekkel – a sorozatgyártmányosság biztosítása érdekében –, a gyártó a készülékben, együtt fűrt és illesztett furattal biztosítja. Természetesen itt sem maradhatott el – a rugós illesztőcsap esetleges elvesztését megakadályozó – a T sín és az alkatrészt összekapcsoló biztosító fonál (63. ábra). Ennek alkalmazása – ahogy azt nem egyszer személyesen is tapasztaltuk a mintavizsgálatok során – valóban hasznos javaslata volt az MNVK szakembereinek.

62. ÁBRA.
A végére felállított toktest
furata szemből nézetben
(1. vezetőretest, 2. villaláb-
elforduláshatároló hasíték).
A zöld nyíl az irányzéktartó
mellső illesztő tűskéjének
kilátszó végére mutat)



63. ÁBRA.
A toktest a hátsó adapter
T sínrel és a rögzítő
rugós csappal, valamint a
biztosító fonállal. (Balra
lent a kis képen a hátsó
adapter-kapcsolófej)



76 A Gepárd fegyverekhez készített belövőpadokat a szerző később ismerteti.

A szerelt tok – csak különleges esetben nélkülözhető – része a *melső villaláb* és a fogantyúszerkezet (64. ábra), amely fő funkciója a fegyver talajon, vagy más felületen, illetve alkalmas fegyverállványon történő stabil feltámasztásának biztosítása, amelynek a klasszikus három ponton való támaszban, a *melső villaláb*nak (bipod) van döntő szerepe. A vizsgálataink során többször kipróbáltuk, hogy a fegyver a hátsó láb használata nélkül is alkalmazható, a pontosság képesség azonban romlik.

A 64. ábrán látható szerkezet belső kialakítását a 61. ábra a) és b) vázlatrajzai szemléltetik. A menethelyzetből harchelyzetbe állításhoz elegendő a *lábcsapgombot* kihúzni, majd elengedni, a láb saját tömegétől lebillen, és a 61. ábra két vázlatrajz is látható *lábcapterelő* lemez ferde pályáján felfutva, a lábütközőn elakadva, a b) vázlatrajzon látható furatába beugorva szilárdan rögzíti a lábat. A lábgyűrűbe besajtoltt villalábtengely és a villafej furatának, illetve a lábrögzítő csap és a lábgyűrűben lévő furat önzáráshoz közeli kúpszögű, köszörült felületű illesztése ketyogásmentesen rögzíti a lábat nyitott helyzetében.

A villaláb menethelyzetbe állításához szintén elegendő a lábcsapgombot kihúzni, majd akár ennél az alkatrésznél, akár a lábcsonél fogva felhajtani a lábat, mert az a) vázlatrajzon látható menethelyzeti lábrögzítő lemez külső, ferde élén a lábrögzítő csap 45°-ban lemunkált feje könnyedén felfut, és beugrik a kialakított kivágásba. A kivágás felső oldala olyan magas, hogy a csap feje nem tud azon átugrani (a rugónak nincs annyi szabad útja), a láb felső irányba sem túlhúzható. Ennek a megoldásnak a funkciója abból a megfontolásból eredt, hogy gyors tüzelőállás-váltásakor⁷⁷, a lövész testéhez közelebbi villaládba beleakadhat a saját lába, szélsőséges esetben akár sérülést, vagy földre zuhanást is okozhat. Rövidebb távon való mozgáshoz elegendő az egyik villaláb felhajtása, hosszabb mozgáshoz, fedettebb terepen, azonban mindkét láb felhajtása szükséges. Az egyik kéz-



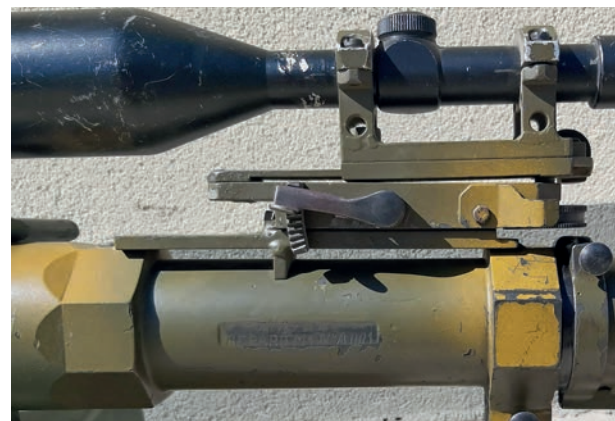
64. ÁBRA.
A *melső villaláb* és a fogantyúszerkezet szembenézeten (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / Rác Tünde)

zel a fogantyújánál tartva a fegyvert, a másikkal a kioldó mozdulat könnyen, problémamentesen elvégezhető. Ezt számos alkalommal ellenőrizték a lövők a lőtéren is. Az a) vázlatrajz alsó részén látható a villalábgűrű aljára rá munkált *melső adapter* a *PKMSz-állványhoz* való kapcsolódást szolgálja. Továbbá az adapterhez minden más Gepárd M1/M2/M2A1/M3/M4 fegyver számára készített⁷⁸ állványon, valamint a Gepárd M1 belövőpadján is megtalálható az adapter befogató feje. Az adapteren látható keresztfuratba betűzhető – az adott állvány tartozékeként rendszeresített – rugós illesztőcsap az állványfejben való szilárd befogást biztosítja, hogy lehetővé váljon a dinamikus terhelések legnagyobb részének a talajra, vagy az állvány hordozóeszközére történő átadása, a toktest helyben tartása, ezzel a fegyvercsőfurat hossz tengelyét hátrasiklással stabilizáló amortizációs rendszer megfelelő működtetésének biztosítása. A villalábak (bipod) terpesztésének és hátradőlésének mértéke, valamint a lábak talpának különleges kialakítása (a talpak síkja a vízszintes fegyvercsőfurat hossz tengelyével párhuzamos, és a talpak hosszanti élének lehajtása, a lehajtások hegyességének letörése) még laza talajon is elősegíti, hogy tüzelés közben a fegyver ne legyen képes oldalra kitörni. Ez a megoldás a 64. ábrán is jól látható a szállítóláda tetejére felállított fegyver szembenézetén. A 61.b vázlatrajzon látható hordfogantyú szerkezet funkciója – ahogy azt már

a szerző bemutatta – a fegyver rövid távon történő szállítása. Különleges elhelyezését és kialakítását az az igény indokolta, hogy a markolat megfogási középpontja megközelítőleg a fegyver tömegközéppontjának függőleges síkjába essen, ezzel ki lehessen zárni a fegyvercső „kanalazását” a talajban. A hordfogantyúváz acélból, a fogantyú és az elsütőmarkolat egyaránt diófa anyagból készült. A váz alsó tuskóját – mint tengelyt – „futó illesztéssel” szereltük be a villalábgűrű tetején kiképzett oromzat furatába behegesztett csapos hüvelybe. Ez biztosítja a váz jobbra, vagy balra ütközésig való ledöntését, hogy az ne kerülhessen az optikai irányzék látómezéjébe. A fogantyúváz függőleges csövére hegesztett perforált lemez javítja a cső hajlító feszültség elleni ellenállását, még az alsó derékszögű összeköttetésénél is, ahol nagyobb a terhelő nyomatok.

A *szerelt hátsó láb* (66. ábra) a *szerelt tok* szoros, de nem nélkülözhe-

65. ÁBRA.
A toktest két nyolcszög keresztmetszetű hasábjának eredeti funkciója. (A kísérleti minta első átalakítása után, a tetejére felszerelt irányzékelfogó sín lemezének rögzítése, és kitámasztása a toktesthez, továbbá a hátsó adapter/szerelt láb T sín kapcsolatának biztosítása)



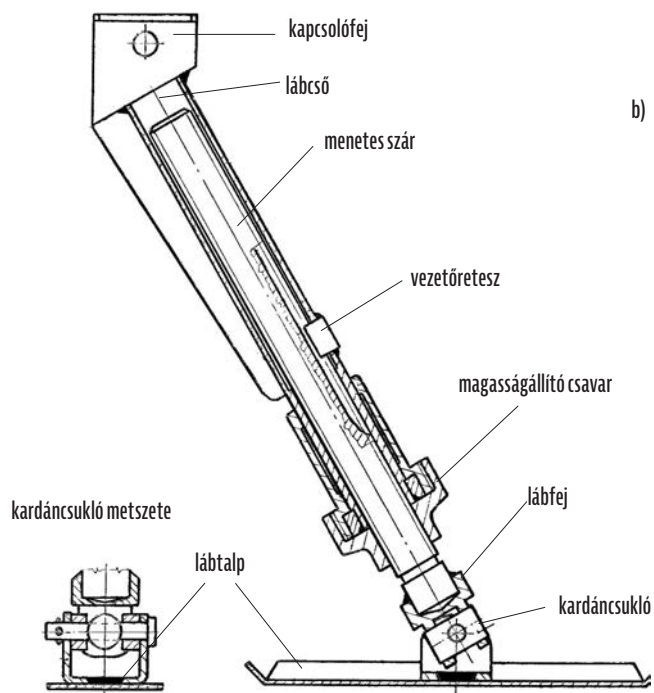
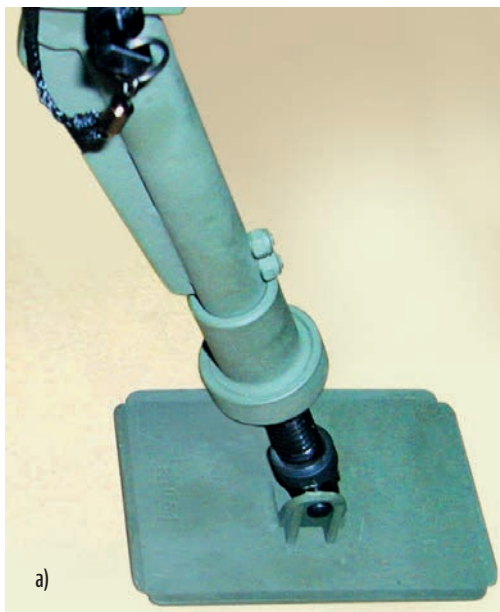
77 Az eredeti elképzelésünk szerint a harc feladat során egy tüzelőállásból ilyen űrméretű fegyverrel legfeljebb két lövést célszerű leadni, mert a torkolati jelenségek (fényhatás, felvert por stb.) sokkal könnyebben felfedik a lövést, mint egy 7,62 mm-es űrméretű fegyver használata esetén.

78 Az állványokat a szerző a sorozat egy későbbi részében részletesen is bemutatja.

TANULMÁNYOK

66. ÁBRA.

A szerelt hátsó láb. A láb képe a tokhoz rögzítő rugós csappal és az azt biztosító szalaggal a); és vázlatrajza metszetben b)



tetlen fegyvertartozék, (egy esetben a 63. ábra kis képén látható *hátsó adapter* kerülhet a helyére). A láb fő funkciója, hogy biztos megtámasztást adjon a fegyvertoknak és azon keresztül a fegyvernek talajon, vagy más támasztékon. Mellékfunkciója, hogy az optikai irányzékon beállított lőtávolságnak megfelelő löszögbe emelje a *szerelt tok* hátsó részén keresztül (azt lesüllyesztve) a fegyvercsőfurat hossz tengelyét.

A konstrukció kialakítása biztosítja, hogy a *magasságállító csavar* elfor-

gatásával a *menetes szár* elfordulás nélkül bújjon ki/be a *lábcsőből/be*, azaz a láb talp végig megőrizzé a fegyvercsőfurat tengelyével párhuzamos beállítását. A talp oldaléleinek felhajtása megakadályozza, hogy a talp, a kisebb talaj/felület egyenetlenségeiben fennakadjon. A kardáncsukló oldalban (a villalábhoz hasonlóan) $\pm 15^\circ$ elbillenést tesz lehetővé, illetve biztosítja, hogy a láb talp előre/hátra felhajtható legyen a magasság állító csavarig annak érdekében, hogy a hordzsákban való szállításhoz a hát-

só láb az elérhető legkisebb méretét mutassa. A *szerelt hátsó láb* a kapcsolófejen keresztül – a 66.a ábrán látható módon (a hátsó adapter helyére) – kotyogásmentesen illeszkedik a toktesthez, ezen a helyén azt ugyanaz a rugós csap szilárdan megtartja, ahogyan az a 63. ábrán látható.

(A tanulmányban szereplő fényképet és vázlatrajzokat – a külön jelöltek kivételével – a szerző készítette a fejlesztés során, azok a saját archívumból származnak.)

(Folytatjuk)

LUKÁCS LÁSZLÓ

Szemelvények a hazai katonai robbantástechnika és a föld alatti aknaharc fejlődéstörténetéből

Jelen kötet a szerző 2017-ben megjelent, *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből* című könyvének mintegy folytatásaként készült el. A munka „A mozgásakadályozás robbantással” című első része az előző könyvből kimaradt robbantási területeket dolgozza fel. Ezen belül az alkalmazott hazai katonai robbantóanyagok és a robbantási alapfeladatok tervezésének koronkénti összefoglalását követően bemutatja az utak és műtárgyak, a vasutak, a repülőterek és a hidrotechnikai létesítmények robbantási szabályainak fejlődését az 1800-as évektől napjainkig. A könyv második része egy olyan robbantási területet vizsgál, amelyet ilyen formában még nem dolgoztak fel Magyarországon: a föld alatti

aknaharcot. Ez volt történelmünk leghosszabb időn át alkalmazott eljárása az ellenség megerősített helyeinek elfoglalására, ennek ellentettjeként pedig a védők hasonló válasza, az ellenaknak alkalmazása. „A föld alatti aknaharc történeti fejlődése” című önálló egység korról korra bemutatja a támadók és a védők által alkalmazott technológiákat az adott időszak aknaharcra foglalkozó hadtudományi értekezéseiből, műveiből vett idézetekkel és megtörtént csatákról szóló beszámolókkal.

A szerző e sorokkal zárja előszavát: „Ezzel a könyvvel – mintegy napfényre hozva életüket, szolgálatukat, munkásságukat – emléket kívánok állítani a magyar honvédségnél a robbantástechnika kutatásával, fejlesztésével, a robbantás

oktatásával, a kiképzéssel és a gyakorlati munkák kivitelezésével foglalkozó műszaki katonáknak, szakembereknek”.



A Ludovika Egyetemi Kiadónál 2023-ban megjelent keménytáblás kiadvány terjedelme 576 oldal. Kapható a könyvesboltokban 5434 Ft-ért vagy a kiadó webshopjában 4347 Ft-ért. (<https://webshop.ludovika.hu/termek/konyvek/hadtudomany/szemelvények-a-hazai-katonai-robbantastechnika-es-a-fold-alatti-aknaharc-fejlodestortenebol/>) (L. L.)



FARKAS ZOLTÁN*

PÁNCÉLOZOTT MŰSZAKI- MENTŐ JÁRMŰVEK

III. RÉSZ

A páncélosított eszközök harctéri alkalmazásához – azok elakadása, meghibásodása, harci sérülése esetére – nélkülözhetetlen a megfelelő mentő-vontató eszközök kifejlesztése is. Harctéri körülmények közötti mentési feladatokat a harc képtelenné vált eszközök sérülttechnika-gyűjtőhelyre történő vontatása jelenti. A harcokocsvontatók feladatai a mentés, vontatás, kiürítés feladatain túl, később kibővültek a helyszíni javítással és a nehéz terhek felemelésének képességével is. A szerző cikksorozatának előző részeiben az első műszaki-mentő járműtől kezdve bemutatta a hidegháborús fejlesztéseket, majd a jelen befejező részben időrendi sorrendben rátér napjaink korszerű eszközeinek ismertetésére.

VPV VONTATÓ-MENTŐ

A lánctalpas úszó, vontató-mentő járművet a BMP (БМП – Боевая машина пехоты / Bojevaja masina pehoti) gyalogsági harcjármű bázisán alakították ki, alapvetően ezen eszközök vontatása, mentése érdekében. A páncéltest mellső részében található a motor- és erőátviteli tér, ahol elhelyezték az ejektoros hűtőrendszert, a csörlőbe-

rendezés áttételi művét, a húzócsigákat (húzódobokat) és a kihajtoműveket is. A vontató kialakításánál fontos követelményként jelentkezett az úszóképesség biztosítása, amely meghatározta a fődarabok és a részegységek elhelyezését az úzás közbeni stabilitás megtartása érdekében. A főcsörlő kötélnének kivezetése a mellső páncélon történik. Felcsévélésekor a durva tisztítást hasított danamidhüvely végzi. A csörlőberendezés állandó fogaskerék kapcsolatú, ahol a húzódobok hajtását a sebességváltó kihajtó tengelyétől kapja. A kötél tároló dob meghajtása hidraulikus áttételi művön keresztül, axiális hidromotorral történik. A letekeresés sebessége 1600 1/min motorfordulatszám esetén 2,5 m/s, feltekereséskor a kötélt tárolódobon való feszességét egy rugóerővel működtetett feszítő biztosítja. Az emelődaru gémkinyúlása 2,4 m, a jármű oldalára szerelt gémm hosszabbítóval 4,6 m. A gémm maximális horogmagassága 4,5 m. A gémm forgató berendezés hidromechanikus, egyfokozatú. Az elektrohidraulikusan vezérelt, hidraulikus hengerekkel működtethető tololap az alsó orrpáncél alsó részén található. A 0,2 m fogásmélységű tololap

elsősorban csörlőzéskor és daruzáskor támasztékul is szolgál. Az elektromos hegesztő-vágó berendezés működéséhez szükséges energiát egy 5 kW teljesítményű dinamó szolgáltatja, amely 30 perces folyamatos üzemet tesz lehetővé. (20. ábra)

A jármű mozgatását az UTD-20 típusú, 220,65 kW-os (300 LE) teljesítményű, hathengeres 120°-os V elrendezésű, négyütemű, folyadékűtésű dízelmotor biztosítja. A motor hűtési rendszere ejektoros, így nincs hűtőventilátor. A fő indítási mód sűrített levegős berendezésen alapul, az elektromos indítás, kisegítő rendszerként szerepel. A lánctalp tagjai gumicsuklós páros tagokból állnak, a futóműve torziós rugózású, az első két, és a hatodik görgőnél hidraulikus lengéscsillapítással. Emelkedő-leküzdő képessége 35°, vontatmánnyal 15°. Árokáthidaló képessége 2,5 m, lépcsőmászó képessége 0,45 m. Sebessége közúton 60 km/h, úszási sebessége 7 km/h. A mozgást vízben a jármű a lánctalpak segítségével valósítja meg úgy, hogy a felső láncág hátsó részénél a hidraulikus házhoz kapcsolódik a hidrodinamikai rács. Az úzás közben a páncéltestbe bekerülő vizet a 100 l/perc ürítési képességű

19. ÁBRA.
A Magyar Honvédség BPz3 Büffel műszaki-mentő lánctalpas járműve rugós vonófejjel vontat egy Lynx páncélosított gyalogsági harcjárművet
(Fotó: MH Kinizsi Pál 30. Páncélosított Gyalogdandár, Szemenyei Ákos)

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



DOI: 10.23713/HT.58.3.03

LVIII. évf. 2024/3. • HADITECHNIKA 13



20. ÁBRA. VPV lánctalpas vontató a Hadtörténeli Intézet és Múzeum egykori Lehel úti logisztikai szakgyűjteményében [22]



21. ÁBRA. A VPV szállító-/rakodótere [22]

ürítő vízszivattyú távolítja el. A motor vízütés elleni védelmét egy automatikus zárószelvény rendszer biztosítja a motor leállása esetén, de a rendszer kézzel is működtethető.

A mentő-vontató jármű középső részén található a parancsnoki tér, amelyben a kötélhároló dob meghajtását végző hidromotor és a közlőmű is helyet kapott. A motor- és erőátviteli teret a parancsnoki tértől egy tűz- és hangszigetelt válaszfal különíti el. A vontató hátsó része képezi a szállító-rakodó teret. Ebben a térben helyezték el a négy üzemanyagtartályt, a daru kapcsolótábláit, a hegesztő-vágó berendezést és a fűtőberendezést is. A tetőpáncél hátsó-középső részén található az emelődaru forgószámlója, a hidraulikus és a forgóelosztóval. A felülnézeti képen (22. ábra) látható a különböző tartozékok, sáncszerszámok elhelyezése.

A szállítóteret bal hátsó ajtaja egyben üzemanyag tárolásra is szolgál. A páncéltest minden eleme vízmentes zárást biztosít. (21. ábra) Hasonlóan az alapjárműhöz, a VPV is atom-biológiai-vegyi (ABV) védelmi és tűzoltó rendszerrel készült. Az álcázását termikus ködfejlesztő berendezés biztosítja. A vontató légi és vasúti szállításra egyaránt alkalmas. A padlólemez alatt mindkét oldalon szállítótereket alakítottak ki a mentéshez, vontatáshoz szükséges szerszámok, speciális tartozékok számára. A sérült harcjármű személyzete a farpáncélon található kétszárnyú ajtón szállhat be a szállító-rakodóterbe. A vontatóparancsnok figyelőműszere kettős működésű, binokuláris, amelynek nagyítása a nappali rendszernél 5-szörös, az éjszakai

rendszernél 4,2-szeres, látótávolsága 400 m. A műszerek okulárja (lencséje) fűthető kivitelű. A csörlőművek, az emelődaru, a támasztótalp, a motorvédő rendszerek, búvónyílások működési állapotát különböző színű jelzőlámpák mutatják. A kommunikációt az R-123M ultrarövidhullámú adó-vevő készülék teszi lehetővé, amely távbeszélő üzemmódban is működtethető. A mentési feladatok során a kezelők közötti összeköttetést a PR-21, vagy PR-22 típusú, 1–4 km hatótávolságú adó-vevő készülékek biztosítják a te reptől függően. [23] [24]

BERGEPANZER 1 (BPZ-1)

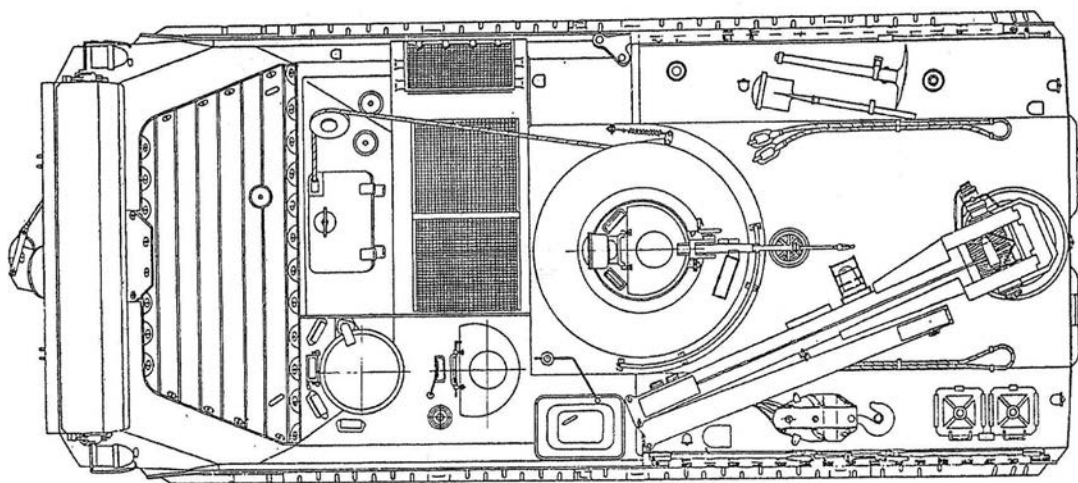
Az amerikai M88 típusú mentő-vontató páncélozott jármű alapjaira épülő eszközt a Porsche (Dr. Ing. h.c. F. Porsche KG) fejlesztette ki, és a MaK (Maschinenbau Kiel GmbH) cég gyártotta. Az alaptípus az 1950-es évek elején készült el, amelynek mozgatását a Continental 560 kW-os (750 LE) AVDS-1790-2DR dízelmotor biztosította. [25] [26] Később a Continental 12 hengeres, léghűtéses, benzinüzemű, AV 1790-5B mágnesgyújtású 634 kW-os (850 LE) teljesítményű erőforrást alkalmazták, amelyet turbófeltöltővel láttak el, így a motor teljesítménye 783 kW-ra (1050 LE) nőtt. A továbbfejlesztett M88 A1 típusú vontatóba már német MTU MB 838 (Motoren- und Turbinen-Union Friedrichshafen GmbH) 12 hengeres dízel, léghűtéses, turbófeltöltővel ellátott, 477 kW (640 LE), vagy 756 kW (1014 LE) teljesítményű motor került. Ez a vontató két darab, 40 t teherbírású csörlővel rendelkezett, valamint ellátták elektromos és gázhegesztő készülékkel is. Berendezéséhez tartozott egy

hajtóanyag-átszivattyúzó rendszer is, amely képes volt terepen is átfajteni az üzemanyagot. Az amerikai hadsereg ezt a műszaki-mentő járművet továbbfejlesztve nagyobb teljesítményű motort épített be, és az eszközt a későbbi évtizedekben több háborús helyszínen (Vietnám, Perzsa-öböl, Irak stb.) is alkalmazták. A benzinüzemű műszaki-mentő járműnél gondot jelentett, hogy bár a kapacitása 1700 l benzin tárolására volt képes, nehéz terepen, illetve vontatás során ez csak 50–100 km megtételéhez volt elegendő. A tömege 50,5 t, a kezelőszemélyzete 4 fő, a csörlője 45 t, a daruja 25 t teherbírású volt. A fegyverzetét egy 7,62 mm űrméretű MG3 géppuska képezte. (23. ábra) [27]

A Német Szövetségi Köztársaság hadseregében, a Bundeswehrben a vontatót már nem amerikai motor, hanem az MTU MB 838, 10 hengeres, 610 kW (830 LE) teljesítményű dízelmotor hajtotta. A 39 800 kg tömegű jármű árokáthidaló képessége 3 m, lépcsőmászó képessége 1,15 m, gázlómélysége 2,1 m, lejtőmászó képessége 60%-os, oldaldőlése 30%-os volt, és 850 km-es hatótávolsággal rendelkezett. A fejlesztés során emelődaruval látták el. A Bergepanzer 1 képezi a Bergepanzer 2 rendszer felépítési alapját, amely kifejezetten a Leopard 2 harckocsikhoz, valamint a PzH 2000 (Panzerhaubitze 2000) önjáró tarackok kiszolgálására, támogatására hivatott.

A Bundeswehr az 1950-es években az M47 és M48 harckocsikhoz az amerikai M74 vontatót alkalmazta, amely a Sherman közepes harckocsi alapjára épült, és ez lett a Bergepanzer 1 utódja. Az M74 az amerikai hadsereg

22. ÁBRA.
A VPV vontató-mentő jármű
felülnézeti képe [23]



első olyan műszaki-mentő járműve volt, amely daruval rendelkezett. A 42,5 t tömegű vontatót a Ford GAA 8 hengeres, soros hengerelrendezésű, négyütemű, benzinüzemű, 372 kW (506 LE) teljesítményű motor hajtotta. A tolólappal is rendelkező jármű maximális sebessége 34,5 km/h, a kezelőszemélyzete 4 fő volt. A csörlő 40 t vontatását, a daru 20 t teher emelését tette lehetővé. Az emelődaru oldalirányú mozgatása a jármű kormányzásával valósult meg.

BERGEPANZER 2 (BPZ-2)

A Leopard 1-es harckocsi bázisán fejlesztették ki a Bergepanzer 2 harckocsvontatót. Az alkalmazási tapasztalatok alapján fejleszteni kellett a védettséget, javítani az emelődaru és a csörlő teljesítményét; könnyebbé tenni a kezelhetőséget, és csökkenteni a karbantartási munkák gyakoriságát. További cél volt a logisztikai azonosság kialakítása a Leopard 2-vel, hiszen ez a műszaki-mentő jármű ennek a harckocsinak az alapjára épült, ehhez a harckocsihoz, és a hasonló tömegű eszközök mentéséhez készült. A Maschinenbau Kiel GmbH 1966–1970 között a Bpz-2A0-nak nevezett Armored Recovery Vehicle-ből (ARV) 444 darabot gyártott. 1977–1978 között további 100 db továbbfejlesztett Bpz-2A1 típust adtak át, amelyek vontatási képességét a módosítások nyomán 40,6 tonnára növelték, és a megerősített daruk 20 tonnát emelhettek. A 2A1 változat elektrohidraulikus vezérlésének felszerelése után a típus megnevezése ARV 2 LS EHS-re vagy ARV 2A1A2-re változott. A hidraulikus működtetésű, 270°-os szögben elfor-

gatható daru és a járműkarbantartást szolgáló emelőcsörlő segítségével a Gepard és Leopard 2 típusú eszközök tornyai és a motorjai rövid időn belül cserélhetők. A jármű önvédelmi fegyverzete 2 db MG3 típusú, 7,62 mm űrméretű géppuska, valamint 1 db 76 mm űrméretű füstgránátvető. (24. ábra) A jármű kezelőszemélyzete 3 fő, a maximális sebessége 62 km/h, a hatótávolsága 850 km. Az erőforrása egy MTU 838 CaM-500 típusú, 10 hengeres, többféle üzemanyaggal is működő, két mechanikus turbófeltöltővel szerelt, 619 kW (830 LE) teljesítményű dízelmotor. A folyamatos fejlesztés során a járművön több módosítást végeztek. A megnövelt teljesítményű változat típusneve: Bergepanzer 2 Wisent.

Mint az alapjárműnél, a Bpz-2-esnél is biztosított az ABV elleni védelem, valamint a típus tűzjelző rendszerrel is rendelkezik. A kommunikációt egy SEM 80 VHF típusú adó-vevő biztosítja. A passzív védelmi rendszert támogatja az a megoldás, hogy a kipufogó rendszerbe hideg levegőt kevernek, ezáltal csökkentik az infravörös jel kibocsátásának a nagyságát. A motor forgatónyomatékát a hidrodinamikus nyomatékváltón keresztül adja át a ZF 4HP 250 bolygóműves sebességváltónak, amely 4 előre- és 2 hátrameneti fokozattal rendelkezik. A fokozatok kapcsolása elektrohidraulikus rendszeren keresztül történik. Ezen a műszaki-mentő járművön alkalmazták először a hidraulikus működtetésű tárcsafékeket. Az egyrétegű páncéltest külső felületén helyezték el a vontatáshoz alkalmazandó kisegítő eszközöket, vontatóköteleket, sánccszerszámokat, csi-

gákat, kengyeleket, pótláncragokat, emellett a fedélzeti 360 A áramerősségű hegesztő-vágó berendezés is a műszaki mentést szolgálja. Az eszköz megfelelő előkészítés után víz alatti átkelésre is képes. A küzdőtér közepén található, két hidromotorral hajtott főcsörlő kábeldobjának maximális húzóereje 350 kN, de a járművön kívülre szerelt csiga használatával a húzóerő megduplázható 700 kN-ra. A kötel munkahossza 90 m. A járműtest jobb oldalán elhelyezett daru 270°-os szögben elforgatható, teherbírása kitámasztóval, maximális 72°-os géállásnál 20 t. A gémmelését süllyesztését hidraulikus munkahenger végzi. A két hidraulikus munkahengerrel működtetett tolólapp 3250 mm széles, amelyet csörlőzészor és daruzáskor a vontató megtámasztására, stabilizálására alkalmaznak, de talajjegytengetésre, fedezék építésére is alkalmas. [30]



23. ÁBRA.
A német M88 ARV
(Armored Recovery Vehicle, Bergepanzer 1)
műszaki-mentő a
németországi Deutsches
Pansermuseumban,
Münsterben [28]

24. ÁBRA.

A Bergepanzer 2 a brüsszeli Royal Museum of the Armed Forces and of Military Historyban a) (Fotó: Farkas Zoltán); Bergepanzer 2A2 a daru felhajtott hátsó talpalóval (támasztó) b) [29]



WISENT 1

Ezt a mentő-vontató járművet egy MTU MB 838 CaM 500 típusú turbófeltöltős, folyadékűtésű dízelmotor hajtja, amelynek teljesítménye 671 kW (900 LE), (a Leopard 1 alapjármű motorja 619 kW (830 LE) teljesítményű), de egyes típusokba a teljesítménynövelt 716 kW-os (960 LE) motort építettek be. A járművet a Flensburger Fahrzeugbau Gesellschaft mbH (FFB) német cég gyártja. (25. ábra)

A vontató korszerű Carl Zeiss SPECTUS optikai eszközökkel rendelkezik, valamint éjszaka, illetve nappal is előre és hátra irányított kamerarendszer is segíti a vezető tájékozódását. A vontató további korszerűsítését jelentette, hogy ellátták CBRN- (Chemical, Biological, Radiological, Nuclear) védelemmel, tűzoltó és ködfeljesztő berendezéssel, ballisztikai védelemmel és lézerbesugárzás-jelzővel, valamint korszerűsítették a hidraulikarendszerét is. Az önvédelmet egy 12,7 mm

űrméretű, távirányítású MG3 géppuska, és ködgránátvetők biztosítják. A Leopard 2A6 m típusnál alkalmazott megoldáshoz hasonlóan, a haspáncél védelme érdekében a WISENT 1-be is egy haspáncél alatti védőpáncélt építettek be. A kialakított védelem ellenáll 8 kg TNT robbanásának.

A ballisztikai védettsége a NATO STANAG 4569 Protection Levels for Occupants of Logistic and Light Armored Vehicles (Védelmi szintek a logisztikai és könnyű páncélozott járművek utasai számára) szerinti 5. és 3. szintű lövedékállósági és aknavédelem. A kiegészítő páncélmodulok beépítésének a lehetősége a küldetéstől függő további biztonsági funkciót tesz lehetővé.

Vontatási képessége gyári előírás szerint: 50 t. A főcsörlő a 33 mm-es átmérőjű, 140 méter hosszúságú kötéllével 35 t tömegű eszközt csörlőzhet. A főcsörlő kivezetése a homlokpáncélon történik. A főcsörlő kötelének

a csörlőzés helyéhez történő kijuttatását a 15,5 kN vonóerejű, 230 méter hosszú segédcsőrlő végzi. [32] A tolólap a páncéltest megtámasztását is biztosítja a vontató csörlőzési helyzetében, és nehéz terhek emelése során. Kialakítása nem szokványos, mivel a két oldalán helyezték el a vonóháromszög rúdjaiknak csatlakoztatási pontjait, és a tolólap közepén is található egy vonókengyel. A jármű a műszaki mentési munkák elvégzéséhez hegesztő-vágó berendezéssel is rendelkezik. A csigák és egyéb nehéz eszközök kivonatására a hordozható csörlő szolgál. A páncéltest jobb elején található 5,9 m maximális gémkinyúlású és 7,9 m emelési magasságú emelődaru maximálisan 30 t terhet 270°-os szögben képes mozgatni. Érdekes műszaki megoldás, hogy a daru elektromos meghajtással is alkalmazható, így akár a saját komplett motor- és erőátviteli rendszerét is ki tudja emelni. (26. ábra)

A motor- és erőátviteli tér fölött helyezték el a szállítóteret. A páncéltesten és az orrpáncélon találhatóak a csigák, a kengyelek, a vontatókötelek, míg a farpáncél fölött és a bal oldalon a vonóháromszöget helyezték el. A helyreállítási tevékenységhez szükséges különböző speciális szerszámok és készülékek ugyancsak a jármű felszereléséhez tartoznak.

A műszaki-mentő járművet nem véletlenül nevezik többcélúnak, mivel egyes munkaszervei rövid idő alatt kicserélhetők. Az emelődaru leemelése után, mint földmunkagépet (Armoured Engineer Vehicle – AEV) egy új fejlesztésű 1,3 m³-es kotrókanállal szerelhetik fel, amely 4,5 t tömegű teher felemelésére is képes.

25. ÁBRA.

Dán WiSENT 1 műszaki-mentő harcjármű [31]





26. ÁBRA.
WisENT 1 a motor- és erőátviteli blokk emelése közben [32]

A harmadik változat az aknamentesítő kialakítás (Mine Clearing – MC), amely a jármű teljes szélességében elvégzi a mentesítést, és sávjelző rendszert is képes telepíteni.

WISENT 2 (BPZ-2)

A harckocsik és önjáró lövegek harcfeadatai támogatására a WisENT 2 többcélú munkagépet (27. ábra) a Magyar Honvédség megrendelésének megfelelően, a megadott harcászati-műszaki követelmények alapján módosított változatban, egyedi magyar típusnévvel gyártották (WisENT 2HU). Ezt a műszaki-mentő járművet (ARV) 2010-ben Párizsban mutatták be, és – a már ismertetett típusváltozatokhoz hasonlóan –, a német Flensburger Fahrzeugbau Gesellschaft mbH fejlesztette ki. A Leopard 2 harckocsi bázisán kifejlesztett támogató eszközök négy változatban készültek el. A járműből készült műszaki-mentő (ARV), műszaki technikai (AEV), aknamentesítő (MC) és hídvető (Bridge Layer – BL) verzió is. A WisENT 1-hez képest ebbe a típusba 400 kW (536 LE) teljesítménnyel nagyobb motort építettek be, és egyéb kiegészítő berendezésekkel is ellátták.

Az 57 t szerkezeti tömegű jármű erőforrása MTU MB 873 Ka-501 turbó-

Harcászat-technikai adatok:	WISENT 1
Hosszúság [mm]	8200
Szélesség [mm]	3460
Magasság [mm]	2950
Tömeg [kg]	44 500
Hatótávolság [km]	375
Max. sebesség [km/h]	62
Kapaszkodóképesség [%]	60
Lépcsómászó képesség [mm]	700
Árokáthidaló képesség [mm]	2500
Kezelőszemélyzet [fő]	3

feltöltős, folyadékhűtésű, 12 hengeres dízel „mindenevő” motor, amelynek hengerűrtartalma 47 600 cm³, teljesítménye 1104 kW (1496 LE). A sebességváltó RENK HSWL 354 típusú, automata rendszerű, 4 előre, 2 hátra sebességi fokozattal.

A megengedhető maximális vontatható tömeg: 60 tonna. A vontatási sebesség közúton 40 km/h, a Leopard 2 harckocsi vontatáskor 25 km/h, terepen 15 km/h. Gázlómélység: 2,25 m, a víz alatti átkelés mélysége: 4 m. Fegyverzete: 12,7 mm űrméretű géppuska, Konsberg Nordic+ távirányítású fegyverállvánnyal, Wegmann 76 mm űrméretű kettős rendeltetésű gránátvetők (ködképző

és pirotechnikai töltet kilövésére, kivetésére is alkalmas).

A főcsörlő vonóereje 400 kN (40 t), a segédcörlőé 30 kN (30 t), a főkötél átmérője 33 mm, hosszúsága 160 m. A segédcörlő kötélmérete 8 mm, hosszúsága 280 m. Az emelődaru 360°-os szögben forgatható, teheremelő képessége 320 kN (32 t). A tolólapp szélessége 3540 mm, magassága 1000 mm. A jármű hegesztő- és vágóberendezéssel is rendelkezik. A vontató páncélvédeltsége az alapharckocsi védeltségéhez hasonlóan a NATO STANAG 4569 előírásainak megfelelő. Az egységességi egyezményben foglaltak alapján lövedékek ellen 5. szintű (Level 5), míg aknarobbanás hatása

1. TÁBLÁZAT.
A WisENT 1 műszaki-mentő harcjármű harcászati-technikai adatai
(A szerző szerkesztése a [32] alapján)

27. ÁBRA.
WiSENT 2 műszaki-mentő
megemelt darugémmel [33]



2. TÁBLÁZAT.
A WiSENT 2 műszaki-mentő
harcjármű harcászati-
technikai adatai
(A szerző szerkesztése
a [33] alapján)

Harcászati-technikai adatok:	WiSENT 2
Hosszúság [mm]	ARV 9260 / AEV 10 500
Szélesség [mm]	3540
Magasság [mm]	ARV 2780 / AEV 3100
Tömeg [kg]	69 500
Hatótávolság [km]	650
Max. sebesség [km/h]	68
Kapaszkodóképesség [%]	60
Lépcsómászó képesség [mm]	1100
Árokáthidaló képesség [mm]	3300
Kezelőszemélyzet [fő]	3



28. ÁBRA. A PzB 3 Büffel tololapja
menethelyzetben (Fotó: Farkas Zoltán)

ellen 4. szintű (Level 4) védelmet biztosít az alábbi eszközök ellen:

- 200 m távolságból kilőtt 25 mm űrméretű páncéltörő lőszer lövedéke 1258 m/s sebességgel, a jármű középvezetékétől jobbra-balra 30 fok vízszintesen, függőlegesen 0 fok irányból becsapódva;
- 25 m távolságban elműködő 155 mm űrméretű repeszromboló gránát, repesz becsapódási szög: vízszintesen körkörös (360°), függőlegesen 0–90°;
- 10 kg robbanóanyagot tartalmazó, közvetlenül a lánctalpak (4a szint) vagy a jármű közepe (4b szint) alatt elműködő akna.

Az 5-ös szintű védelem azt jelenti, hogy a 200 m-ről kilőtt 155 mm-es

repszromboló gránát hatásai ellen, míg a 4-es védelem 10 kg robbanóanyag felrobbanásának hatását védi a haspáncélon és a lánctalpak alatt. A jármű rendelkezik ABV-védelemmel, tűzoltó rendszerrel, éjjel-nappal látó figyelőrendszerrel. A páncéltest speciális kiegészítő páncéllal szerelhető fel a felülről érkező lövedékek elleni védelem érdekében az Explosive Reactive Armour (ERA) rendszerrel. Monitorok és kültéri kamerák oly módon teszik lehetővé a kezelő számára a daruzást, valamint a vontatmányhoz történő kapcsolódás végrehajtását, hogy a páncéltestet nem szükséges elhagynia.

A mentő-vontató jármű kialakításának köszönhetően az emelődaru rövid

idő alatt leemelhető az alaplapról és a helyére kanalas markoló szerelhető fel. Daruzáskor a futómű terhelésének csökkentése érdekében, a tololap letámasztásával növelhető a stabilitás. A főcsörlőkötél kivezetése a mellső orrpáncélon lévő záró fedél kinyitása után lehetséges.

A daru működtetése elektrohidraulikus rendszerű, amely a jármű dízelmotorjának és a külön kialakított elektromos rendszernek köszönhetően mindkét funkcióban önállóan működtethető. Ennek következtében álló motor esetében elektromos hajtással teszi lehetővé a daru működtetését akár oly módon is, hogy az eszköz saját motor- és erőátviteli blokkját is kicserélheti a személyzet. Ez a megoldás a hagyományos motort



29. ÁBRA. Kappa optronics kamera páncélvédelemmel, lecsukható védőfedéllel [34]

kíméli, harctéri körülmények között csökkenti a hang- és füstkibocsátási hatást. A műszaki-mentő jármű oldalán egy önálló dízelüzemű generátort helyeztek el, amely táplálja a lítium bázisú energiatárolót (Auxiliary Power Booster – APB). Az energiatároló háromféle üzemmódban – kis, közepes és nagy – teljesítménnyel működtethető. A kis teljesítményű üzemmód esetén a tárolt energia 9,6 kWh, közepes üzemmódban 12,8 kWh, a nagy teljesítmény esetén 19,2 kWh. A tároló érzékelőrendszere mindenkor biztosítja a dízelmotor beindításához szükséges energiát.

A személyzet védelmét biztosítja, hogy a kezelőtérből kamera-, és monitorrendszeren keresztül figyelhető a munkafolyamat. A Panoramic View Stitching eljárás késleltetés men-

Harcászati-technikai adatok:	Bergepanzer 3A0A1
Hosszúság [mm]	9070
Szélesség [mm]	3540
Magasság [mm]	2990
Tömeg [kg]	55 300
Hatótávolság [km]	470
Maximális sebesség [km/h]	68
Kapaszkodóképesség [%]	60
Lépcsőmászó képesség [mm]	1100
Kezelőszemélyzet [fő]	3

tes, 360°-os körbetekintést biztosít. A VIS (Visible Imaging Sensor) és LWIR (Long-wave Infrared) érzékelők minden körülmények között (füst, köd, teljes sötétség) jó látást biztosítanak. Az akadályleküzdő képességhez rendkívül fontos a megfelelő képérzékelés, az ergonomikus kialakítás, valamint a kezelőszemélyzet „komfortérzete”. [34] [35] [36] [37]

LEOPARD 2 ARV3 BUFFALO „BÜFFEL” (BPZ-3)

A jármű a Bundeswehr és a holland hadsereg közös fejlesztésének eredménye, amelynek során a Bpz-2 mentő-vontatót korszerűsítették, és új jelzéssel látták el. A járművet az első időben a MaK cég gyártotta, majd annak szétválása után a Rhein-

metall Landsystem vette át a gyártását. A főcsőrő teherbírása 35 tonna, de egy csigakerék beépítésével ez 70 tonnára is megnövelhető, sőt, két csiga esetén elérheti a 105 tonnát is. A 33 mm átmérőjű főkötél egy ágon 180 méterről képes vontatni, ahová a kötélt kivontatását segédcsőrő végzi, amelynek kötéltávolsága 280 m. Az emelődaru teherbírása 35 t. (30. ábra) A farpáncélon kialakított rugós vonófej 29,5 t kapacitású.

A műszaki-mentő eszközök esetében a gyártók általában az alapjármű adatait ismertetik, a speciális berendezésekkel felszerelt változatok esetében az adatok hiányosak, hiszen fejlesztésük – a hadműveleti követelmények változásának függvényében – folyamatos. [39]



30. ÁBRA. A Bundeswehr Bergepanzer 3A0A1 „Buffel” letámasztott tololappal [38]

31. ÁBRA.
A Bergepanzer 3 Büffel
emelődarujának
vezérlőegysége a) és a
rugós vonóháromszög
csatlakoztatása b) [39]



HIVATKOZÁSOK

- [22] Forrás: <https://krisztianfotoi.blogspot.com/> (Letöltve: 2024.2.5.);
- [23] Pc/3. VPV lánctalpas vontató jármű műszaki leírása;
- [24] Gjmű/163. VPV lánctalpas vontató jármű üzemeltetési szakutasítása;
- [25] Haas, H. és Klinge, E. „The Continental 750-Horsepower Aircooled Diesel Engine”, SAE Technical Paper 570053, 1957, <https://doi.org/10.4271/570053> <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/570053/> (Letöltve: 2023.8.14.);
- [26] NSN Lookup: AVDS-1790-2DR Engine <https://www.nsnlookup.com/equipment-intelligence/land/engines/avds1790/avds-1790-2dr> (Letöltve: 2023.8.14.);
- [27] Marx, Stefan. Die Bergepanzer der Bundeswehr und Deutsche Bergetechnik Tankograd Publishing Erlangen (Németország) 2004.;
- [28] Forrás: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:M88_Armored_Recovery_Vehicle_in_pm.jpg (Letöltve: 2024.2.5.);
- [29] Forrás: https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Bergepanzer_2A2_Heckansicht.jpg (Letöltve: 2024.2.5.);
- [30] Tankograd Yearbook Armoured Vehicles of the Modern German Army 2020 Tankograd Publishing Erlangen (Németország);
- [31] Forrás: https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Wisent_1.JPG (Letöltve: 2024.2.5.);
- [32] FFG: WiSENT 1 – THE UPGRADE FOR THE ARV 2 STANDARD <https://www.ffg-flensburg.de/en/products/ffg-developments/wisent-1/> (Letöltve: 2023.8.14.);
- [33] Forrás: <https://www.ffg-flensburg.de/en/products/ffg-developments/wisent-2/> (Letöltve: 2023.8.14.);
- [34] Kovács Zoltán, Dénes Kálmán, Ember István, Bakos Tamás. Európai Bölény: A WiSENT 2 többrendeltesű műszaki gép Műszaki Katonai Közlöny 32. évfolyam 2022. 2. szám <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.2.2>;
- [35] Kovács Zoltán, Ember István. „Új nehézgép a Magyar Honvédségben: WiSENT 2HU,” Haditechnika LVII. évf. 3. szám (2023) pp. 51–57. <https://doi.org/10.23713/HT.57.3.09>;
- [36] Kurcz Kristóf, Vég Róbert, Hegedűs Ernő, „A Leopard 2 harcokocsialád és a Magyar Honvédség 2A4 és 2A7+ típusváltozatai I. rész,” Haditechnika LIV. évf. 5. szám (2020) pp. 2–7. <https://doi.org/10.23713/HT.54.5.01>;
- [37] Tóth András, „A Leopard harcokocsi magyar típusváltozata: a Leopard 2A7HU,” Haditechnika LVI. évf. 6. szám (2022) pp. 27–32. <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.05>;
- [38] Forrás: http://tank-masters.de/?page_id=4519 (Letöltve: 2023.8.14.);
- [39] A Bundeswehr honlapja. <https://www.bundeswehr.de/de/ausrustung-technik-bundeswehr/landsysteme-bundeswehr/bergepanzer-3-bueffel>.

HM Zrínyi Geoinformációs és Toborzástámogató Közhasznú Nkft.

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

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



PREPRESS – NYOMDAI ELŐKÉSZÍTÉS

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

GYORSSOKSZORÍTÁS

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

PRESS – NYOMTATÁS

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

POSTPRESS

– KÖTÉSZETI FELDOLGOZÁS

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

VÁKUUMFORMÁZÁS

- vákuumformázó szerszámok, terepasztlak CNC-technológiával
- vákuumformázás

KÖNYV- ÉS TÉRKÉPBOLT:

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



NYOMDAI GYÁRTÁS-ELŐKÉSZÍTÉS: +36 (1) 336 2035

OCSKAY ISTVÁN* – VÉG RÓBERT LÁSZLÓ**

CARACAL, A LÉGI SZÁLLÍTÁSRA OPTIMALIZÁLT MILITARIZÁLT TEREPIJÁRÓ

A CARACAL, A SIVATAGI HIÚZRÓL ELNEVEZETT LÉGI SZÁLLÍTHATÓ JÁRMŰ

A Rheinmetall AG a Párizsban megrendezett Eurosatory 2022 szakkiállításon mutatta be a Caracal 4x4 kerékképletű légi szállításra alkalmas terepjárót, amelyet szakszóval rohamjárműként definiálnak. A Mercedes-Benz és az ACS (Armoured Car Systems GmbH) együttműködésével a Rheinmetall AG az új, sokoldalú és rendkívül mobil 4x4 kerékmeghajtású járműcsaládot a légi vagy különleges műveleti egységek alkalmazói követelményeinek figyelembevételével alkotta meg. (1.ábra) A sivatagi hiúzról (Caracal caracal) elnevezett új járműtípust a kiállításon először mutatták be a szakemberek szélesebb köre számára. A jármű jól manőverezhető, összerúghajtású, és szinte bármilyen terepen alkalmazható. [1]

A Rheinmetall AG a Caracallal a 10 tonna alatti könnyű, 4x4-es kerékképletű szegmensben is bővíti taktikai járműrendszerének portfólióját. A Caracal a Mercedes-Benz új katonai G-modell 464-es sorozatának alvázára épült, amely kis tömege miatt alkalmassá teszi a járművet légi szállításra repülőeszköz rakterében, vagy helikopter külső függesztményeként. A civil járműváltozathoz viszonylag kevés elemet adaptáltak a Caracal fejlesztése során, gyakorlatilag csak az Ausztriában gyártott terepjáró alvázat használták fel. A jármű felépítményét úgy tervezték, hogy a legnagyobb mértékben optimalizálja a tömeget, ezzel alkalmassá tették az eszközt a légi műveletekre. A jármű CH-53K King Stallion és CH-47F Chinook nehéz szállítóhelikopterekkel is szállítható. (2.ábra) A terepjáró kialakítása lehetővé teszi, hogy a helikopterek két-két ilyen járművet szállíthassanak egyszerre.

A Caracal a légi hadműveletekben betöltött szerepe alapján, pl. személy-

ÖSSZEFOGLALÁS: Az egyre gyakrabban alkalmazott aszimmetrikus hadviselés területén a különleges műveleti erők fontos szerepet játszanak. A feladatvégrehajtás gyakran nehéz terepen és olyan helyszíneken zajlik, ahol nincs lehetőség a megfelelő katonai logisztikai lánc kialakítására. Ilyenkor az erőknek a helyi erőforrásokra kell támaszkodniuk, amely arra ösztönzi a gyártókat, hogy olyan járműveket készítsenek, amelyek alkatrészei kompatibilisek a használt polgári járművekkel. Ezekre a fontos szempontokra kínál alternatívát a Rheinmetall AG vezetésével gyártott Caracal légi szállításra optimalizált militarizált terepjáró.

KULCSSZAVAK: Caracal, G-Wagen, légi szállítás, jármű

ABSTRACT: In the increasingly common field of asymmetric warfare, in which special operations forces play an important role, mission execution often takes place in difficult terrain and in locations where it is not possible to establish an adequate military logistics chain. In such cases, forces have to rely on local resources, which encourages manufacturers to produce vehicles with components compatible with the some civilian vehicles. The Rheinmetall-led Caracal air-transportable vehicle offers an alternative to these important considerations.

KEYWORDS: Caracal, G-Wagen, air transport, vehicle

szállító, felderítő, sebesültszállító, parancsnoki, műszaki és anyagszállító feladatkörben különböző változatokban lesz elérhető. A terepjáró méretéből és kialakításából adódóan, bizonyos elemek hiányoznak a járműről, mint például az üzemanyag- és vízeskannák elhelyezésére, rögzítésére alkalmas tárolóhelyek, amelyek jelentős szerepet töltenek be a különleges műveleti fel-

adatok során. Emiatt a jármű megjelenése ellenére közelebb áll a légideszant erők járműveivel, mint a különleges erökhöz. A jármű opcionálisan felszerelhető ballisztikai és aknavédelmi elemekkel, amelyek további védelmet nyújthatnak a jármű, a szállított eszközök és a személyzet számára. A taktikai jármű kialakítása lehetővé teszi különféle fegyverek (pl. géppuskák

* Nemzeti Közszerológiai Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz. ORCID: 0000-0003-0279-8215

** PhD, Nemzeti Közszerológiai Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, egyetemi docens. ORCID: 0000-0002-9786-6702

1. ÁBRA.
Caracal 4x4 kerékképletű, légi szállításra alkalmas terepjáró jármű [2]





2. ÁBRA.
A Caracal szállítása nehéz szállítóhelikopterrel, külső függesztményként
(Forrás: Shutterstock)

1. TÁBLÁZAT.
A Caracal technikai adatai
(A szerző szerkesztése [3][7] alapján)

Technikai adatok	Caracal
Hosszúság [mm]	4350 / 4700
Szélesség [mm]	1810
Magasság [mm]	1850
Tömegadatok	
Össztömeg [kg]	4900
Légi szállítható tömeg [kg]	4400
Terhelhetőség [kg]	2000
Menettulajdonságok	
Maximális sebesség közúton [km/h]	130
Emelkedő-kapaszkodó képesség [%]	60
Megengedett maximális oldaldőlés [%]	30
Gázlómélység [m]	0,7
Lépcsómászó képesség [m]	0,33
Árokáthidaló képesség [m]	0,5
Motor és erőátvitel	
Motor	Mercedes-Benz 6 hengeres dízelmotor
Környezetvédelmi besorolás	EURO 3
Teljesítmény [kW]	183 (249 LE)
Forgatónyomaték [Nm]	600 (1400-2800 1/min)
Sebességváltó	Mercedes-Benz NAG 9G-tronic automata 9 sebességfokozatos

és páncéltörő rakétarendszerek) telepítését és kombinálását. [4] A Caracal alapvédelme modulárisan a STANAG 4569 szabvány szerinti 1-es szintre emelhető, ebből a célból moduláris védelemeket építettek az ajtóba és a jármű padlólemeze alá. A Caracal az „A” oszloptól menetirányban a Mercedes-Benz G-osztály klasszikus for-

mavilágát tükrözi, ugyanakkor ténylegesen a járműnek nincs is „A” oszlopa, mert az utasoldalon, annak helyén egy fegyverplatformot alakítottak ki. [5] [6] (3.ábra) A jármű elején, a géppuskatartó előtt egy tízgránátos ROSY¹ típusú ködgránátvetőt helyeztek el, amely opció a jármű konfigurációjától függ. A ROSY ködgránátvető rendszer – amely szintén a Rheinmetall AG fejlesztése – többféle töltettel szerelhető, és alkalmas a látható, valamint az UV-tartományban is olyan füstképzésre, amellyel a harcjármű elrejtőzhet akár a lézer rávezető sugarak elől is. A modulárisan kialakított ködgránátvető 2x5 vetőcsőből épül fel, ahol mind a vetőcsövek, mind a töltetek kompatibilisek a Lynx KF41HU gyalogsági harcjárművön vagy a Leopard 2 ARV3HU Buffalo mentő-vontató harckocsin alkalmazottal.

A párizsi Eurosatory 2022 szakkiállításán bemutatott jármű a rövid, 4,35 m-es tengelytávú változat volt, de a Rheinmetall AG a hosszú tengelytávú (4,7 m-es) változat gyártását is tervezi, amely alkalmas anyag- és személyszállítási feladatok végrehajtására is. (1. táblázat)

A járművet Euro3-as környezetvédelmi besorolású, 2925 cm³-es Mercedes-Benz OM656.929 típusú, hat-hengeres, soros henger-elrendezésű, turbódízel motorral látták el, amely 183 kW [249 LE] névleges teljesítményt

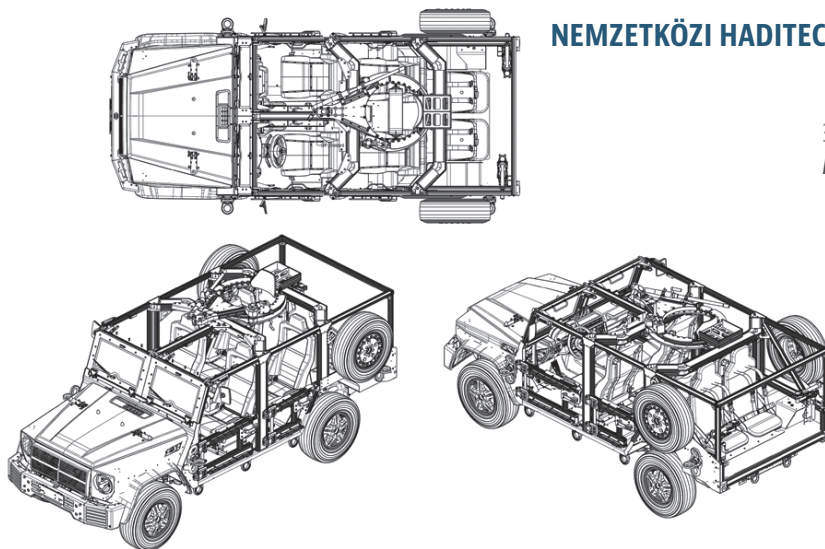
és 600 Nm forgatónyomatékat biztosít. A motor tartósan képes 500 ppm ként tartalmazó gázolajjal üzemelni, de 3000 ppm kéntartalmúval is képes 400 órát működni. Ez a tulajdonsága rugalmas tüzelőanyag-felhasználást tesz lehetővé, amely nagyon kedvező, mivel előfordulhat, hogy a jármű olyan földrajzi területen üzemel, ahol nem, vagy csak nagyon nehezen elérhető az európai szabványoknak megfelelő dízel tüzelőanyag. A motor alacsony tüzelőanyag-fogyasztása lehetővé teszi a jármű hatótávolságának a növekedését. [8]

A motor hengerfeje és forgattyúházája alumíniumból készült, amely a motor tömegét és az első tengely terhelését is csökkenti. Az alumínium hengerhez, amelyet a Mercedes-Benz által szabadalmaztatott NANOSLIDE-technológia szerinti bevonattal láttak el, acélból készült dugattyút párosítanak. A NANOSLIDE-technológia a henger felületén ideális kenést biztosít, és egyúttal csökkenti a súrlódást. A hengerfelület kiemelkedően kopásálló, ugyanakkor finom porusokkal rendelkezik az olaj megtartása érdekében. Az acélból készült dugattyú alkalmazásának előnye, hogy mivel a motor üzeme során kevésbé tágul, így a dugattyú és a hengerfurat illesztése tökéletesebben állítható be. A motor feltöltését sorba kapcsolt, kétfokozatú, változtatható turbina geometriájú turbófeltöltő biztosítja, amelyet elláttak levegő-/vízhűtéses töltőlevegő hűtővel. A motor töltetcserejét biztosító nyílásainak nyitását-zárását (2 db szívószelep és 2 db kipufogószelep) változtatható paraméterű szelepvezérléssel biztosítják, amely a CAMTRONIC elnevezésű, kipufogóoldali, változtatható szelepemelési technológia tesz lehetővé. A motor üzemanyag-ellátó rendszere közös tárolócsöves (Common Rail) típusú, ahol a tüzelőanyagot akár 2500 bar nyomással piezoelektromos porlasztó fecskendezi be közvetlenül az égéstérbe. [9]

A hatékony károsanyag-csökkentéshez szükséges összes alkatrészt közvetlenül a motorra szerelték fel. A motorközei kialakításnak köszönhetően a kipufogógáz-utókezelés ala-

1 ROSY – Rapid Obscuring System – gyors álcázó rendszer.

3. ÁBRA.
A Caracal felépítése [7]



cseny hőveszteséggel és kedvező működési feltételekkel rendelkeznek. [10]

A járművet blokkolásgátlóval (ABS – Anti-lock Braking System) és elektronikus stabilizáló programmal (ESP – Electronic Stability Program), valamint a Mercedes-Benz új, harmadik generációs automata sebességváltójával (NAG3 – New Automatic Transmission 3rd Generation) szerelték fel. A sebességváltó megbízható, nagy teljesítménnyel rendelkezik és nagy forgatónyomaték továbbítására képes. A G-Tronic alapja egy hidraulikus nyomatékúváltóval és elektronikus vezérléssel rendelkező klasszikus automata sebességváltó, amely az első sebességfokozatban 2–14 km/h közötti úgynevezett mászósebességet is biztosít. A Caracal ellátható a járműre szabott terepszínű álcázással, amely szinte egy „kereken járó bokorrá” alakítja át a járművet, és az álcázás mellett a hőkibocsátást is csökkenti. (4. ábra)

A Rheinmetall AG keretszerződést írt alá, amelynek értelmében a Bundeswehrnek és a holland fegyveres erőknek 3058 db Caracal járművet szállít le. A több éves keretmegállapodás értéke 1,9 milliárd euró, amelynek keretében legfeljebb 2054 db német és 1004 db holland jármű gyártása tervezett. A német és holland változatú járművek műszakilag teljesen megegyeznek. Első lépésben 1508 db járművet rendeltek meg, mintegy 870 millió euró értékben. Az első tesztmodellek átadása a tervek szerint 2024 első negyedévében várható, míg a sorozatos szállítások 2025-ben tervezettek. Az összes német és hol-

land jármű végső összeszerelésére a hollandiai Edében és a VDL Special Vehicles BV-nél, Eindhovenben kerül sor. [11] [12] Dr. Björn Bernhard, a Rheinmetall Landsysteme GmbH ügyvezető igazgatójának kijelentése szerint a Rheinmetall AG a Mercedes-Benz AG-val és az Armored Car Systems GmbH-val együtt teljes mértékben iparosított járműgyártással rendelkezik, ami azt jelenti, hogy gyorsan tudnak nagy mennyiséget szállítani ipari széria minőségben. [13] A Rheinmetall AG egy műszakilag kiforrott járművet kínál a felhasználóknak, a fővállalkozói szerepén belül fejleszti a fegyverzetet, minősíti a járműveket és logisztikai támogatást nyújt a jármű 20 éves életciklusa alatt. [14]

A Rheinmetall AG megállapodása alapján öt darab Caracal járművet adnak át az ukrán kormánynak. Ukrajna lesz az első olyan ország, amely használja a Caracalt, így feltehetően harci tapasztalatok is keletkeznek a típus alkalmazhatóságával kapcsolatban. [15]



4. ÁBRA. A Caracal álcázása [2]

HIVATKOZÁSOK

- [1] Caracal 4x4 from rheinmetall, Mercedes-Benz and ACS <https://www.joint-forces.com/defence-equipment-news/54762-caracal-4x4-from-rheinmetall-mercedes-benz-and-ac> (Letöltve: 2024.1.11.);
- [2] <https://www.rheinmetall.com/en/products/tactical-wheeled-vehicles/wheeled-armoured-vehicles/caracal-air-assault-vehicle> (Letöltve: 2024.1.11.);
- [3] Caracal Air Assault Vehicle, Germany. <https://www.army-technology.com/projects/caracal-air-assault-vehicle-germany/?cf-view> (Letöltve: 2024.1.11.);
- [4] Rheinmetall designates Ukraine as pioneer recipient of Caracal air assault vehicles. <https://mil.in.ua/en/news/rheinmetall-designates-ukraine-as-pioneer-recipient-of-caracal-air-assault-vehicles/> (Letöltve: 2024.1.11.);
- [5] Svékus Gergő. Ez a harci jármű nyomokban Mercedest tartalmaz. <https://www.vezess.hu/haszongepjarmu/2022/06/20/rheinmetall-caracal/> (Letöltve: 2024.1.11.);
- [6] Geiger, Waldemar. Rheinmetall wird Luftlandfahrzeug Caracal an die Ukraine liefern. <https://soldat-und-technik.de/2023/11/mobilitaet/36011/rheinmetall-wird-luftlandfahrzeug-caracal-an-die-ukraine-liefiern/> (Letöltve: 2024.1.11.);
- [7] Caracal Air Assault Vehicle. Datasheet Caracal <https://www.rheinmetall.com/en/products/tactical-wheeled-vehicles/wheeled-armoured-vehicles/caracal-air-assault-vehicle#anchor-download> (Letöltve: 2024.1.11.);
- [8] Valpolini, Paolo. Mercedes-Benz: a new G-Class after 42 years of history <https://www.edr magazine.eu/mercedes-benz-a-new-g-class-after-42-years-of-history> (Letöltve: 2024.02.09.);
- [9] Jordan, Markus. Blick auf den neuen OM 656 Reihen-6-Zylinder Diesel <https://mbpassion.de/2017/08/blick-auf-den-neuen-om-656-reihen-6-zyylinder-diesel/> (Letöltve: 2024.02.09.);
- [10] Mercedes-Benz Group: The new six-cylinder in-line diesel engine OM 656 is a milestone of Mercedes-Benz driving technologies and an important contribution to achieving the global climate goals. <https://group.mercedes-benz.com/innovation/diesel/om656-2.html> (Letöltve: 2024.02.09.);
- [11] Germany and the Netherlands framework contract with Rheinmetall for 3,058 Caracal airmobile vehicles. <https://fragoutmag.com/germany-netherlands-framework-contract-rheinmetall-caracal-airmobile-vehicles/> (Letöltve: 2024.1.12.);
- [12] Fiorenza, Nicholas. Germany and Netherlands procure Caracal airborne vehicles from Rheinmetall. <https://www.janes.com/defence-news/news-detail/germany-and-netherlands-procure-caracal-airborne-vehicles-from-rheinmetall> <https://doi.org/10.3390/pathogens12121412> (Letöltve: 2024.1.12.);
- [13] Kovács Géza Péter. Caracal légiszállítási jármű a Rheinmetalltól. <https://vedelmiiparblog.hu/blog/caracal-legiszallitasi-jarmu-a-rheinmetalltol/> (Letöltve: 2024.1.12.);
- [14] Geiger, Waldemar. Caracal Chosen by Dutch and German Airborne Forces. <https://euro-sd.com/2023/06/news/32337/caracal-chosen-by-dutch-and-german-airborne-forces/> (Letöltve: 2024.1.12.);
- [15] Ukraine to become first user of Rheinmetall Caracal air assault vehicles. https://www.armyrecognition.com/defense_news_november_2023_global_security_army_industry/ukraine_to_become_first_user_of_rheinmetall_caracal_air_assault_vehicles.html?utm_content=cmp-true (Letöltve: 2024.1.12.).

KOVÁCS ZOLTÁN* – EMBER ISTVÁN** – DARUKA NORBERT***

OROSZ IED- ÉS AKNA-TÁVFELDERÍTŐ ESZKÖZÖK

* Egyetemi docens, PhD, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Műveleti Támogató Tanszék. ORCID: 0000-0001-9098-1997

** Tanársegéd, PhD, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Műveleti Támogató Tanszék. ORCID: 0000-0002-9877-0366

*** Képzésvezető, PhD, ÓE Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Robbantástechnikai szakmérnök/szakember szakirányú továbbképzés. ORCID: 0000-0002-7102-1787

ÖSSZEFOGLALÁS: A telepített harckocsi és gyalogság elleni aknák, illetve az improvizált robbanóeszközök felderítése rendkívül veszélyes feladat. A korszerű távfelderítő eszközök lehetővé teszik ezen veszélyforrások távoli észlelését, azonosítását, esetleg a hatástalanítását is, így nem szükséges emberi életeket kockáztatni. Az Orosz Föderáció védelmi iparának képviselői folyamatosan fejlesztik a felderítőeszközök technológiáját. A tanulmány az egyik korszerű termékcsaládot mutatja be, amelynek tagjai között kézi, gépjárműre szerelt, földi robot és a drónbázisú eszköz is található.

KULCSSZAVAK: aknafelderítés, drón, improvizált robbanóeszköz, távfelderítés, IED

ABSTRACT: Detecting the antitank and antipersonnel landmines and improvised explosive devices is an extremely dangerous task. The novel remote sensing devices enable the remote detection, identification, and sometimes deactivation of these danger sources, so there is no need to risk human life anymore. The Russian Federation is at the forefront of the development of modern reconnaissance devices, among the members of one of these Russian product we can find manual, mechanical, ground robots and drone-based devices, too.

KEYWORDS: mine detection, drone, improvised explosive device, remote survey, IED

BEVEZETÉS

Az aknák és a különböző improvizált robbanóeszközök [1] (IED vagy CBY¹) felderítése és hatástalanítása különösen veszélyes feladat, sokszor az ilyen eszközöknek a megközelítése is nehéz, vagy teljesen lehetetlen. Az orosz SZTT vállalat (Специальная Техника и Технологии – СТТ) 25 éve foglalkozik speciális technikai eszközök és technológiák fejlesztésével.

Két cégcsoport – a Műszaki és Kereskedelmi Multidiszciplináris Központ-1 (Инженерно-Коммерческий Многопрофильный Центр-1), valamint a Védelmi Csoport-JUTTA (Группа Защиты-ЮТТА) – egyesülésével jött létre, és napjainkban korszerű berendezésekkel, eszközökkel látja el a robbanásveszélyes környezetben dolgozókat, és a terrorizmus elleni küzdelemben résztvevőket. Az aknák és az improvizált robbanóeszközök távolból történő felderítésére alkalmazható termékcsalád az SZTT által

készített legújabb tagját – egy pilóta nélküli felderítő-hatástalanító drónt – a 2023. október 17–19. között Moszkvában rendezett Interpolitex-2023 kiállításon mutatták be.

AKNÁK ÉS IMPROVIZÁLT ROBBANÓESZKÖZÖK

Az orosz–ukrán háborúban az utóbbi időszakban egyre nagyobb számban alkalmaznak különböző aknatípusokat, az aknamezőben kézi erővel vagy géppel, valamilyen sematikus rendszerben telepített, valamint a távknásítással, szórással talajfelszínre telepített aknákat. Ezek az aknák előregyártott robbanószerkezetek, az irányultságukat tekintve lehetnek harckocsi (harcjármű) elleni, gyalogság (élőerő) elleni, deszant elleni és helikopter elleni aknák. [2] Az ukrán hadszíntéren az első két csoportba tartozó aknatípusok a leggyakoribbak.

A harckocsi elleni aknák a harc-/gépjárművet különböző irányból támadva



1. ÁBRA.
A „Soför” elnevezésű gépjármű páncélozott felépítményű katonai változata [5]

1 Angolul Improvised Explosive Device (IED), oroszul Самодельное Взрывное Устройство (СВУ).

a futóművet (lánctalp, kerekek), az eszköz erőforrását vagy a fegyverzetét rombolják, illetve a páncélzatot átütve a kezelőszemélyzetet teszik harcképtelenné. A gyalogsági aknák rendeltetése az ellenség személyi állományának pusztítása vagy harcképtelenné tétele, amelyet kétféleképpen érhet el: az aknában elhelyezett robbanótöltet robbanásával, illetve a körkörös vagy meghatározott sávban szétrepülő anyagrészek által okozott repeszhatással.

Az aknák robbanótöltetének működéséhez a kezdő impulzust a gyújtószerkezet szolgáltatja, amely a szerkezete alapján lehet mechanikus, vegyi hatású, elektromos, elektronikus vagy akár ezek kombinációja.

A mechanikus aknagyújtó elsősorban egy összenyomott rugó felszabaduló energiáját használja, amely előidéz egy ütőszeg becsapódását a közvetítő detonátorba. A vegyi gyújtóban általában az elkülönített kis tartályokban található anyagok egymással történő vegyi reakciója vagy öngyulladás indítja el a detonációs folyamatot. Az elektromos és az elektronikus gyújtók egy áramforrást és egy villamos gyutacsot kötnek össze úgy, hogy valamilyen külső behatásra zárják az áramkört vagy elektromos áramot indukálnak, ami a gyutacsot elműködteti.

Az első két csoportot érintkezésre működő aknagyújtóknak is nevezzük, mivel a célpont a gyújtóval közvetlen erőhatást – nyomás, húzás, billentés, esetleg teherelvétel – közöl, ennek hatására következik be az akna robbanása.

Az utóbbi két csoportba tartozó szerkezetek az érintkezés nélküli (közelségi) aknagyújtók, amelyek működéséhez a célpontnak már nem szükséges a gyújtókészülékkel közvetlenül fizikai kontaktusba kerülnie, az akna töltetének robbanása már akkor bekövetkezik, amikor a célpont csak közeledik hozzá. Ezek az elektromos vagy elektronikus gyújtók saját áramforrással rendelkeznek, szeizmikus, mágneses, akusztikus vagy indukciós hatásra működnek, illetve ezen felül sajátos szerepük lehet a felszedés elleni biztosításban, az önhatástalanításban (gyújtó kikapcsolása) vagy éppen az akna időzített elműködésében. Első-

sorban a harckocsi elleni aknák rendelkeznek ilyen közelségi gyújtóval, de a közelmúltban megjelent az első orosz gyalogság elleni típus is, a POM-3 ugró repeszakna (**Противопехотная Осколочная Мина-3**), amely csak a memóriablokkjában tárolt adatokkal megegyező impulzusokra működik, gyalogos megközelítése lehetetlen, és a járművek vagy éppen vadállatok mozgása által keltett talaj-/hangrezgésekre egyáltalán nem reagál. [3]

Az aknák mellett az ukrán hadszíntéren mindkét fél gyakran használ improvizált, tehát házilagosan készített robbanóeszközöket is. Ezek olyan, nem üzemi körülmények között gyártott, előállított szerkezetek, amelyek a pusztíthatást robbanással, repeszekkel, ártalmas vegyi, biológiai anyagokkal, pirotechnikai eszközökkel vagy gyújtóhatású anyagokkal érik el. Az eszköz robbanótöltete lehet katonai vagy polgári eredetű robbanóanyag, különféle vegyszerek keverékéből házilag előállított robbanóelegy, illetve akár egy fel nem robbant katonai robbanótöltetből kinyert harcanyag is.

Az IED/CBV indítása, működtetése többféle mechanizmussal történhet. Legelterjedtebbek a különböző mechanikus indítószervezetek, amelyek húzásra, teherelvételre, nyomásra, elmozdításra reagálnak, tehát a célpont valamilyen közvetlen behatására, fizikai kontaktus esetén működtetik a robbanóeszközt. Az időzítő indítószervezetek (óráművek, biológiai-, kémiai időzítők) a korábban meghatározott és beállított időtartam után, a célpont behatásától, közelségétől függetlenül működtetik el a robbanóeszközt. A pusztíthatás fokozása érdekében az improvizált robbanóeszközöket néha megfigyelés alatt tartják, és csak a legmegfelelőbb időpontban, irányított működtetéssel robbantják, elektromos vezetéken keresztül vagy vezeték nélküli rádióvezérléssel. Az irányított működtetés sajátos változata, amikor a merénylő önmagát is feláldozva „öngyilkos merénylőként” indítja el a robbanóeszközt. Az irányított (vagy parancsindítású) robbanóeszköz általában saját áramforrással rendelkezik, és az elektromos áram a gyújtási lánc első tagjaként egy villamos gyutacsot hoz működésbe.

AZ AKNÁK ÉS AZ IMPROVIZÁLT ROBBANÓESZKÖZÖK LEHETSÉGES FELDERÍTÉSI MÓDSZEREI

Az aknák és az improvizált robbanóeszközök felderítésére sor kerülhet még a harctevékenységek folyamán – pl. aknamezőn történő átjárónyitással – vagy csak a harcok befejezését követően humanitárius feladatok keretében, a területen maradt aknák, robbanóeszközök megtalálása, majd a terület teljes mentesítése céljából. Az utóbbi eset jóval nagyobb pontosságot, hatékonyságot, precizitást követel, szemben a katonai 80–90%-os elvárással, itt közel 100%-os az elvárt hatékonyság, mivel csak így lesz teljesen biztonságos a mentesített terület.

A főbb felderítési módok és eszközök a mechanikus, biológiai/kémiai, elektromágneses, részecsketechnológiai vagy akusztikus működési elven, illetve ezek kombinációján alapulnak.

A mechanikus módszer alapeszközének tekinthető szűrőbottal a felszín alá telepített legkisebb aknákat is meg lehet találni a talaj felső rétegét átszurkálva. A biológiai/kémiai módszer alapvetően a robbanóanyagokból kipárolgó molekulák észlelésén alapul. A robbanóanyagból felszabaduló nitrogén-dioxid jelenlétét például megfelelő érzékelő képességekkel és kiképzettséggel rendelkező állatok és génmanipulált robbanóanyagfálo-baktériumok, vagy növények révén, illetve gáz-/gőzelemző spektrométerrel lehet érzékelni.

Az elektromágnesességen alapuló felderítőeszközök között az egyik legismertebb és leggyakrabban alkalmazott a fémtartalom észlelésére és jelzésére szolgáló műszer, közismert nevén fémkereső, amely az elektromágneses indukció, a mágneses erőterváltás által keltett elektromos feszültség segítségével jelzi a köze-

1. TÁBLÁZAT.
A „Sofőr” főbb technikai adatai (A szerzők szerkesztése [5] alapján)

Működési jellemzők	Értékek
Kimeneti impulzusteljesítmény [W]	max. 200
Integrált kimeneti teljesítmény (50 Ω terhelésnél) [W]	min. 90
Jammer a frekvenciasávok IED-zavarásra [MHz]	20–2700 5100–5400
Kibocsátott frekvencia [MHz]	848
IED-érzékelési távolság [m]	max. 30
A jármű megengedett sebessége felderítéskor [km/h]	20



2. ÁBRA. A KOTOMKA-NR (balra) és a KOTOMKA-WJ (jobbra) berendezések munkavégzéshez előkészítve [4]

3. ÁBRA. A KOTOMKA-NR (balra) és a KOTOMKA-WJ (jobbra) „Hátizsák” menethelyzetben [4]

2. TÁBLÁZAT. A „Hátizsák” főbb technikai adatai (A szerzők szerkesztése [5] alapján)

Működési jellemzők	Értékek
Kimeneti impulzusteljesítmény [W]	max. 200
Integrált kimeneti teljesítmény (50 Ω terhelésnél) [W]	88
Kibocsátott frekvencia [MHz]	848
Jammer a frekvenciasávok IED-zavarásra [MHz]	20–500 500–2700
IED-zavarás típusa	szélessávú
Tömeg (tápellátással) [kg]	max. 17
Radaregységek száma [db]	2+3
IED-érzékelési távolság [m]	max. 30
Folyamatos működési idő [h]	1 db akkumulátorral 4 akkumulátorkészlettel 8
Özemi hőmérséklet-tartomány [°C]	-30 – +55

lében lévő vas vagy acél jelenlétét. Az elektromágnesség elvén működnek a milliméteres hullámhosszú radarok is, amelyek már rendkívül magas frekvenciájú (a hullámsáv frekvenciája 30–300 GHz közötti), illetve a mikrohullámú eszközök, amelyek az 1 GHz és 1 THz közötti frekvenciatartományba eső elektromágneses hullámok visszaverődésének segítségével határozzák meg a felszín alatti tárgyak helyzetét.

A talajradar a nagyfrekvenciás elektromágneses hullámok alkalmazásán alapul. Az adó antennájával kibocsátott 10–3000 MHz-es elektromágneses impulzusok az eltérő elektromágneses tulajdonságokkal rendelkező anyagok felületéről történő visszaverődését észleli. Az infravörös sugárzással működő eszközök (hőkamerák) elsősorban a felszínre vagy kis mélységben a felszín alá telepített aknák felderítésére használhatók, az észlelt hőmérsékletkülönbségek alapján képesek kimutatni a robba-



nóeszközöket. Az akusztikus felderítő berendezések ugyanakkor a hanghullámok által keltett talajrezgések mérésén alapulnak, a talajt különböző hullámhosszon, 50–1000 Hz alacsony frekvenciájú impulzusokkal rezgetetik, majd a visszaverődő válaszjeleket mérik és analizálják.

A fentebb említett eszközöket a méretüktől, tömegüktől függően leggyakrabban csak valamilyen gépi platformon – gépjárműre szerelve, robotvázon vagy (pilóta nélküli) légi eszközön – elhelyezve lehet alkalmazni, működtetni, míg az egyszerűbb eszközök kézi erővel is használhatók.

A tanulmány a továbbiakban egy olyan orosz gyártású eszközcsaládot ismertet, amelyben megtalálható valamennyi hordozóeszköz képviselője: a kézi felderítőeszköz, a gépkocsira, a robotra és végül a pilóta nélküli drónra szerelt felderítőberendezés. Az eszközök mindegyike az elektromágnesség elvén működő radar segítségével képes az elektronikus

vagy elektromos gyújtószerkezettel rendelkező aknák és áramforrással rendelkező improvizált robbanóeszközök különböző távolságból történő észlelésére, vagy akár az indítási frekvenciájuk zavarására, és ezzel a működésük megakadályozására.

A „HÁTIZSÁK”

A KOTOMKA (hátizsák) elnevezésű eszköz két változatát gyártja az SZTT vállalat. (3. ábra) Az egyik (KOTOMKA-WJ) a rádióvezérelt robbanóeszközök zavarására, míg a másik (KOTOMKA-NR) a közelségi aknagyújtók és az áramforrással rendelkező rádióvezérelt IED-k távolból történő észlelésére és blokkolására egyaránt alkalmas.

A kétféle eszköz könnyen megkülönböztethető munkavégzéshez előkészített helyzetben. Bár a külső kialakításuk nagyon hasonló (2. ábra), a WJ-változat tetején négy antenászár helyezkedik el, míg az NR-változaton a nemlineáris radar sajátos formájú antennái találhatók. (4. ábra)



4. ÁBRA. Az NR-változat radarantennái a) és az NR-900 radarfej kijelzője b) [4]



5. ÁBRA. A kétféle „Hátizsák” használat közben, különböző érzékelőkkel felszerelve [4]



A „Hátizsákok” az improvizált robbanóeszközöket akár 30 m távolságból is képesek észlelni, és különböző frekvenciasávok elnyomásával, zavarásával a felrobbanásukat megakadályozni. A tápforrás 4 óra folyamatos munkavégzést biztosít bármilyen időjárási körülmények között. Az akkumulátor kialakítása lehetővé teszi a terepen történő gyors eltávolítását, cseréjét, így az alkalmazhatóság a tartalék tápforrással 8 órára növelhető. Az NR-változat az alacsony frekvenciasávon történő zavaráshoz 2 darab, míg a magas sávon történő zavaráshoz 3 darab radarral rendelkezik. (2. táblázat)

A talaj felszíne alá telepített harckocsi- vagy gyalogsági aknáknak műszeres felderítéséhez a WJ-változathoz egy kézi keresőfej csatlakoztatható, míg az NR-változathoz a robbanóeszközök távfelderítése során az NR-900 nemlineáris radarfej alkalmazható. (5. ábra)

Az NR-900 készlet önálló, ütésálló málhaladában kapott helyet. A lokátorfej mellett 4 darab tápforrás (2 fő + 2 tartalék), egy 220 V-os hálózati töltőkábel, valamint egy autós szivargyújtóhoz csatlakoztatható tápegység található. A felderítés során a katona a lokátorfejet kézben tartva legyezőszerűen mozgatja, elektromos működésű eszköz érzékelése esetén a kijelzőn lévő felvillanó LED-ek jelzik az észlelt tárgy távolságát. (4. ábra)

A „SOFŐR”

A ВОЗНИЦА (sofőr) elnevezésű, gépjárműre szerelt komplexum (1. ábra) főleg a rádióvezérlésű improvizált robbanóeszközök távoli észlelésére és zavarására alkalmazható. Az eszközt az Army-2019 haditechnikai kiállításon mutatták be először. A katonai válto-

zathoz páncélozott gépjármű, míg polgári felhasználáshoz hagyományos pick-up gépkocsi szolgál alvázként. Elsősorban különböző konvojok mozgási útvonalának ellenőrzésére, figyelemmel kísérésére, az útvonalon és a közelében telepített parancsindítású improvizált robbanóeszközök felderítésére alkalmas.

Felderítés közben legfeljebb 20 km/h sebességgel haladva képes az aknákat, elektromos robbanóeszközöket 30 m távolságból észlelni, és az azokat működtető frekvenciasávokat zavarni. (1. táblázat)

Ehhez a jármű érzékelőrendszere 4 készlet az NR-900EK3M КОРШУН típusú nemlineáris radarból (6. ábra); az IED zavarórendszere egy generátoregységből, valamint 4 darab irányított antennájú zajgenerátorból és 1 darab antennakészletből (7. ábra) tevődik össze.

A „Sofőr” egy tartalék energiafejlesztővel (min. 2 kW teljesítményű dízelgenerátor egység) és egy vezérlőrendszerrel (üzembiztos hordozható számítógép és egy kézi vezérlőpult) is rendelkezik. (8. ábra)

Az NR-900EK3M típusú radart az Army-2020 kiállításon mutatta be a vállalat. A készülék a rádióadó és rádióvevő eszközök, kommunikációs rendszerek, elektronikus és elektromechanikus időzítők, akusztikus, mágneses, optoelektronikus érzékelők és kis méretű televíziós kamerák; rejtett fém szerkezetek és eszközök; elektronikai eszközök helyének meghatározására, felderítésére alkalmas. Főbb felhasználási területei az utak, valamint a terep ellenőrzése improvizált robbanóeszközök és egyéb, elektronikus alkatrészeket tartalmazó robbanótárgyak felderítése, a fegyverek, lőszer és



robbanóeszközök rejtékhelyeinek azonosítása, a gyanús tárgyak tüzszeszés vizsgálata és hatástalanítása.

A „HANGYA”

A МУРАВЕЙ (hangya) elnevezésű távirányított robotot a „Sofőrrel” együtt az Army-2019 haditechni-

6. ÁBRA. Nemlineáris radarok az eszköz polgári változatán [6]

7. ÁBRA. A gépjárműre szerelt antennakészlet [6]

8. ÁBRA. A kézi vezérlőegység panelja [6]



9. ÁBRA. A „Hangya” oldalnézetből [5]

Működési jellemzők	Értékek
Hosszúság [mm]	770
Szélesség [mm]	490
Magasság [mm]	560
Irányíthatóság (vizuálisan megfigyelve) [m]	200
Kerékképlet	6×6
Kerekek átmérője [mm]	185 ± 10
IED-észlelési távolság [m]	max. 10
Folyamatos működési idő (egy akkumulátorral) [h]	2
Hordozható hasznos teher tömege [kg]	max. 2,5
Lépcsőmászó képesség [mm]	75
Lejtőmászó képesség	45°
Haladási sebesség [km/h]	4-5
Manipulátorkarra szerelhető munkaszervek rögzítési magassága [mm]	100-500
Munkaszervek közötti távolság [mm]	min. 50
Manipulátorkar elfordulási szöge	± 150°
Rádióvezérlő csatorna frekvenciája [GHz]	2,4
Videojel-átviteli csatorna frekvenciája GHz	5,8
Üzemi hőmérséklet-tartomány [°C]	-30 – +55

3. TÁBLÁZAT. A „Hangya” főbb technikai adatai (A szerzők szerkesztése [5] alapján)

kai kiállításon mutatták be. Az eszközhöz a KRMM-06 típusú alvázat használták fel, amelyet az orosz katonai tűzszerész alegységeknél már korábban rendszeresítettek bombafelderítési és hatástalanítási feladatokra. A kis méretű eszköz hatékonyan használható a közlekedési útvonalak és nehezen megközelíthető helyek megfigyelésére, ellenőrzésére, az improvizált robbanóeszközök távoli észlelésére. (3. táblázat)

A „Hangya” az összerékhajtásnak és -kormányzásnak köszönhetően kiváló manőverező képességgel rendelkezik, valamint minden nap-



11. ÁBRA. A „Szitakötő” töltetszállítás közben [8]

szakban és időjárási körülmények között alkalmazható. Két darab, színes képet biztosító optikai kamerával rendelkezik, amelyek közül az egyik a mozgás irányítására szolgál, míg a másodikat a manipulátorra szerelték (9. ábra) annak érdekében, hogy a kezelő számára lehetővé tegye a felderített robbanóeszköz részletes tanulmányozását.

A teljesen feltöltött akkumulátor több mint 2 órányi folyamatos működést biztosít az eszköz számára. A manipulátorra – a feladat függvényében – többféle munkaszerv, berendezés is felszerelhető. A hasznos teher-szállító képessége lehetővé

teszi pl., hogy egy robbanóanyag-töltetet a megadott helyre szállítson a felderített veszélyes robbanóeszköz megsemmisítéséhez.

A vázszerkezet gyárilag hermetikusan zárt, az eszköz vízálló és úszóképes, amely tovább növeli alkalmazási lehetőségeit. Kis tömege miatt málfaladása akár kézben is szállítható, és a feladathoz történő előkészítése csak néhány percet igényel.

A „SZITAKÖTŐ”

A **CTPEKO3A** (szitakötő) nevű pilóta nélküli légi jármű (Unmanned Aerial Vehicle – UAV) (10., 11. ábra) az SZTT vállalat legújabb felderítő berendezése, amelyet a 2023 októberében megrendezett Interpolitex kiállításon mutattak. A légi úton történő felderítés előnye, hogy a felderítő drón nem érintkezik a talajfelszínnel, attól adott távolságot tartva különböző magasságokban mozoghat, így nem alakulhat ki közvetlen kontaktus az aknákkal, aknagyújtókkal vagy a robbanóeszközökkel.

A légi felderítőeszköz általában nagyobb sebességgel hajtja végre a feladatát, mint egy szárazföldi eszköz, ezért adott idő alatt nagyobb területet képes átvizsgálni, ráadásul a nehezen



10. ÁBRA.
A „Szitakötő” optikai
kamerája és radarja [8]



járható terep felett is képes mozogni. [7] A felderítés során összegyűjtött adatokat, információkat már a levegőből továbbítani tudja, a területet és a megtalált robbanóeszközöket, aknákat helymeghatározó berendezéssel képes pontosan feltérképezni. A helyből felemelkedni képes eszköz további előnye, hogy nem igényel nagy területet a fel- és leszálláshoz.

A drón quadcopter kialakítású, négy propellerkarral rendelkezik. Az eszközt Szíriában valós katonai feladatok során tesztelték, de polgári munkavégzésre, kutató-mentő feladatokra ugyancsak alkalmazható, és kereskedelmi forgalomban is beszerezhető. [9]

A „Szitakötő” tömege 10 kg, a levegőben 1 órát képes tartózkodni, de ez az időtartam tartalék akkumulátorral (12. ábra) megkétszerezhető. A repülési sebessége a felderítés során legfeljebb 20 km/h lehet (4. táblázat). A drón használata 35 km/h szélességnél erősebb légmozgás esetén nem javasolt, mert az irányíthatósága jelentősen romlik, célfelismerő képessége csökken, és az ütközés – valamilyen tárgynak vagy talajnak – veszélye is nagyobb.

Az eszköz elsődleges rendeltetése, hogy helyettesítse az élőerőt, az aknafelderítő műszaki vagy tűzszerész katonát, különösen a fegyveres



12. ÁBRA.
Az akkumulátor cseréje [8]

harcokban, közvetlen tűzhatás alatt. A drónt biztonságos környezetből, akár egy páncélozott harcjárműből is irányíthatja a kezelő, de automata vagy félautomata programozott módon is végezhet repülést, amely a vezérlő-berendezés monitorján nyomon követhető. A programozás során meg kell adni a repülési útvonalat, magasságot és sebességet, illetve a fordulási pontok helyét és mennyiségét, amely legfeljebb 99 darab lehet. (13. ábra)

A pontos navigációt, a koordináták meghatározását az orosz fejlesztésű GLONASS-rendszer biztosítja, amely műholdak hálózatával kommunikál. A rendszert katonai és polgári felhasználók kiszolgálására tervezték, a hálózat működtetéséhez földi berendezéseket és 24 db műholdat használnak, amelyek 19 400 km magasságban találhatóak, három orbitális sík mentén telepítve, és a sarkvidék teljesebb lefedése érdekében 64,8 fokkal megdöntve.

Működési jellemzők	Értékek
Átlagos jelteljesítmény keresési módban [mW]	400
Vevő-érzékenysége [dB]	min. -140
Üzemi frekvencia	[MHz] 915-922 [GHz] 2,4
Beépített földrajzi helymeghatározó rendszer	GLONASS
Optikai kamera max. képfelbontása [pixel]	3840 × 2160
Vezérlőmonitor max. képfelbontása [pixel]	800 × 480
Repülési/vezérlési módok	automatikus félautomata kézi
Akkumulátorok kapacitása [mAh]	16 000
GPS-pontosság síkban [m]	1,5
GPS magassági pontosság [m]	0,5
Teljes tömeg (akkumulátorral) [kg]	10
Hordozható hasznos teher tömege [kg]	max. 3
Repülési idő (egy klt. akkumulátorral) [min]	55
Maximális repülési sebesség [km/h]	50
Repülési sebesség felderítés közben [km/h]	átlagos 5-10 maximális 20
Függőleges emelkedési sebesség [km/h]	max. 20
Megengedett szélesség [km/h]	max. 35
Repülési távolság a földi irányítóponttól [km]	max. 5
Programozható repülési pontok száma	1-99 között
Üzemi hőmérséklet-tartomány [°C]	-5 - +40

4. TÁBLÁZAT.
A „Szitakötő” főbb
technikai adatai (A szerzők
szerkesztése [5] alapján)



13. ÁBRA. A programozott repülés adatai a vezérlő monitorján [8]



14. ÁBRA. A programozott/megtett útvonal és a megtalált robbanóeszközök jelölése [8]

A „Szitakötő” alsó részén található a már említett NR-900EK3 КОРШУН típusú nemlineáris radar, amely a bekapcsolt vagy kikapcsolt állapotban lévő elektromos működésű, félvezető alkatrészeket tartalmazó eszközöket, berendezéseket akár 30 méter távolságból is képes észlelni, majd azt megközelítve, az azonosítás egy optikai kamerával elvégezhető. (12. ábra) A felderítés közben észlelt robbanóeszközök a vezérlő monitorján is megjelennek, egy-egy piros színű zászló jelöli azok pontos helyét, míg az útvonal azon szakaszait, ahol a „Szitakötő” semmilyen gyanús tárgyat nem észlelt, zöld szín jelzi. (14. ábra) A drón az akna vagy robbanóeszköz koordinátáit azonnal továbbítja az irányítóberendezésnek.

Amennyiben a felderített és azonosított aknák, improvizált robbanóeszközök kézi hatástalanítása, eltávolítása fokozottan veszélyes, illetve lehetetlen, a drónnal egy időzített vagy vezérelt működtetésű saját robbanótöltet elhelyezése is lehetséges a felderített eszközre vagy közvetlenül mellé, amelynek a robbanása elműködteti a másik szerkezetet is. (11. ábra)

15. ÁBRA. A teherhordó zárszerkezet nyitott helyzetben [8]



Ehhez a feladathoz a „Szitakötő” merevítő vázszerkezetén egy Tower-Pro MG995 típusú szervomotoros retesz található, amelyre a töltet függeszthető. Az 55 gramm tömegű, 40,7×19,7×42,9 mm méretű, 4,8–6,6 volt üzemi feszültséget igénylő, fém fogaskerekes szerkezeten a kezelő által megfelelőnek ítélt időpontban és pozícióban a reteszelő tengely hátrahúzódik, és a felfüggesztett teher elválik a dróntól. (15. ábra)

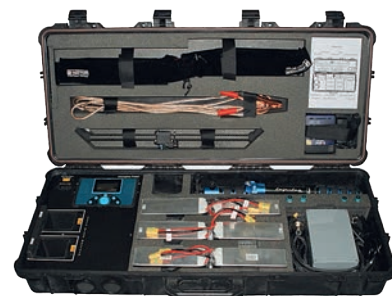
A „Szitakötő” drónhoz önálló műanyag málháladában (17. ábra) tartalék propellerlapátokat és más alkatrészeket, akkumulátorokat (összesen 4 párat), valamint egy gyorsító berendezést is készleteztek, amely egy óra alatt képes teljesen feltölteni a lemerült tápellátásokat.

ÖSSZEĞEZÉS

Az Orosz Föderáció védelmi iparának képviselői tömegesen fejlesztik a haderő számára a harcokocsik, hajók, helikopterek és repülőgépek mellett az olyan rendszereket és eszközöket, amelyek többféle feladatot is képesek ellátni: a felderítéstől kezdve akár az ellenség vagy annak technikai eszközei megsemmisítéséig. Az orosz-ukrán háborúban sok esetben az ukrán csapatok távtelepítéssel vagy szórással hoznak létre aknacsoportokat, aknamezőket, amelyekben az aknák sokszor érintkezés nélküli gyújtókkal rendelkeznek, valamint gyakori az improvizált robbanóeszközök alkalmazása is. Az SZTT vállalat eszközeivel ezek a robbanóeszközök hatékonyan és biztonságosan felderíthetők, vagy akár meg is semmisíthetők. Az orosz csapatoknak átadott eszközök próbája megtörtént, amelynek eredményeként pozitív értékeléseket kaptak.

HIVATKOZÁSOK

- [1] Kovács Zoltán. Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai. Műszaki Katonai Közlöny 22. 2012/2. pp. 37–52.;
- [2] Kovács Zoltán – Ember István. Aknafelderítés légi eszközökkel. Műszaki Katonai Közlöny 31. 2021/4. pp. 5–20. <https://doi.org/10.32562/mkk.2021.4.1>;
- [3] Kovács Zoltán. Aknatelepítés: Keleten a helyzet jelentősen megváltozott 2. rész. Haditechnika 56. 2022/4. pp. 31–37. <https://doi.org/10.23713/HT.56.4.06>;
- [4] Защитная «Котомка» для сапера от STT GROUP <https://www.youtube.com/watch?v=eOY-nKHrHg4> (Letöltve: 2023.11.13.);
- [5] SST Group production <https://stt-group.com/prod/self/> (Letöltve: 2023.11.13.);
- [6] ВОЗНИЦА от STT GROUP / Обнаружение СВУ / Военная техника России <https://www.youtube.com/watch?v=La9EhBVRN-E> (Letöltve: 2023.11.13.);
- [7] Daruka Norbert. Kvadrokopter, mint lehetséges felderítő eszköz, avagy a repülő polip visszatért. Repüléstudományi Közlemények 25. 2013/2. pp. 114–122.;
- [8] Беспилотник „Стрекоза” от STT GROUP <https://www.youtube.com/watch?v=iqQDyu77uCW> (Letöltve: 2023.11.13.);
- [9] Рустехпром <https://www.digitalserv.ru/belgorod/kompleks-obnaruzheniya-rvu-na-bpla-strekoza/> (Letöltve: 2023.11.13.).



16. ÁBRA. Tartalék alkatrészek készlete [9]



1. ÁBRA.
Lauster MF 60 mérőjármű
a trieri WTD-41
tesztközpontban [9]

OCSKAY ISTVÁN*

A LAUSTER JÁRMŰVEK TÖRTÉNETE ÉS AZ MF 60 MÉRŐJÁRMŰ KIALAKÍTÁSA

ÖSSZEFOGLALÁS: A különleges járművek, köztük a páncélozott harcjárművek nem vizsgálhatók, fejleszthetők normál, beépített próbapadokon, mivel tömegük, dimenzióik és kialakításuk ezt nem minden esetben teszik lehetővé. A német Lauster vállalat ezeknek a járműveknek a tesztelésére hozta létre a világon egyedülálló, mozgó mérőlaboratóriumát, Lauster MF 60 néven. A mérőjárművel akár harckocsik vizsgálata, dinamikai mérései is végrehajthatók. Tanulmányunk a német cég különleges járműveit, köztük az MF 60 mérőjárművet, annak megépítését és technikai jellemzőit mutatja be.

KULCSSZAVAK: mérőkocsi, különleges jármű, harcjárműtesztelés, járműtesztelés, Lauster

ABSTRACT: Special vehicles, such as armoured fighting vehicles, cannot be tested and developed on normal, built-in testbed, as their weight, dimensions and design do not always allow this. For such cases, the German company Lauster has built a world unique mobile measuring laboratory, the Lauster MF 60, which can and will be used for testing and dynamic measurements of tanks and any other heavy or awkward vehicles. The aim of this article is to present the special vehicles of the Lauster company and one of their unique products, the MF 60 measuring vehicle, its construction and technical characteristics.

KEYWORDS: measuring vehicle, AFV test, vehicle test, articulated vehicles, Lauster

A KEZDETEK

Erhard Lauster német mérnök-feltaláló és kőbánya-tulajdonos, még a II. világháború előtt kezdte meg fejlesztői tevékenységét Stuttgartban. Jellemzően olyan egyedi, kísérleti jellegű járművek fejlesztésével foglalkozott, amelyek alkalmasabbak voltak a nagyon nehéz

terepviszonyok közötti haladásra, mint a lánctalpas futóművel szerelt társaik. A Lauster Wargel¹ elnevezésű fejlesztések közös jellemzője a nagy átmérőjű, henger alakú fémkerekek alkalmazása volt, ahol a kerekek mérete lehetővé tette, hogy azok hajtását a kerekekbe (dobokba) épített belső égésű motorok adhassák.

Az 1939–1942 között futó fejlesztések során a mérnök először egy, majd kettő és végül négy, akár 3 méter átmérőjű kerékdobokat is alkalmazó eszközökkel kísérletezett, amelyekre hamarosan a német hadsereg illetékesei is felfigyeltek. (2. ábra) Ennek eredményeként a fejlesztőkhöz már 1942-ben felkérés érkezett egy, az elakadt, lerobbant harckocsik mentésére és vontatására, valamint lövészárkok gyors építésére alkalmas jármű kialakítására. A fejlesztések nyomán született Lauster Wargel LW 5 típusú járműben két, egymással majdnem teljesen megegyező, egytengelyes egység, egy kardánmeghajtású, törzscsuklós kormányzáson keresztül kapcsolódott össze. A járműegységek megegyezőssége lehetővé tette azok további sorba kötését akár 3-4 egységig is. A kerékdobok egynegyedét – mintegy 1 m³-t – a kerékreduktorok, míg a maradék 4 m³-t hasznos tér töltötte ki, így egy kéttengelyes járművel, csak

* Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz. ORCID: 0000-0003-0279-8215

1 A „Wargel” szó sváb dialektusban hengert, dobot, görgőt jelent.



2. ÁBRA.
A Lauster Wargel LW 3 típusú kísérleti jármű dobjának méretét jól szemlélteti a benne dolgozó munkással történő összehasonlítás [1]



a kerékdobokban mintegy 15 m³-nyi rakományt lehetett elhelyezni, közel 10 tonna össztömegig. A járművet – egységként 1-1 Maybach HL108 TUKRM² típusú benzinmotor hajtotta meg 2x175 kW (235 LE) teljesítménnyel, maximum 30 km/h-s sebességgel. Ez a teljesítmény elégséges volt a 36 tonna össztömegű jármű terepen történő mozgatására, és 53 tonnányi

3. ÁBRA.

A Lauster-Wargel LW 5 jármű két összekapcsolt járóképes tagja. A kerékdobokon jól kivehetők a vonóerő átadását biztosító hatalmas, halszákamintás kapaszkodólapok [2]



teher vontatásához szükséges vonóerő biztosítására, amellyel akár egy Tigris harckocsi is el lehetett vontatni. A járművet két kezelő vezette, vezetőállásaik a két járműtestben elhelyezett páncélozott fülkében kaptak helyet. A 3 méter magas fémkerekek (kerékdobok) felületére halszákamintázatban hegesztett, 30 cm magas ka-

paszkodókörmök adták át a talaj felé a motorok teljesítményét. (3. ábra)

A rendkívüli teljesítménymutatók ellenére a Lauster LW 5 járműre nem tartott igényt a német hadvezetés, ezért Erhard Lauster már 1944 elején, LW 7/1 néven épített egy 2x2 kerékpéletű prototípust. A 10 tonnás járművet két Opel Admiral 56 kW-os (75 LE) benzinmotor hajtotta, amelyeket a henger alakú fémdobokba – a két darab 5 sebességes nyomatékváltóval együtt – építettek be. (4. ábra)

A prototípus bemutatása ugyan sikeres volt, a terepjáró képessége átlagon felülnek számított, ennek ellenére a járművet a Wehrmacht már nem tartotta életképesnek, gyártásra érdemesnek, de érdekes módon

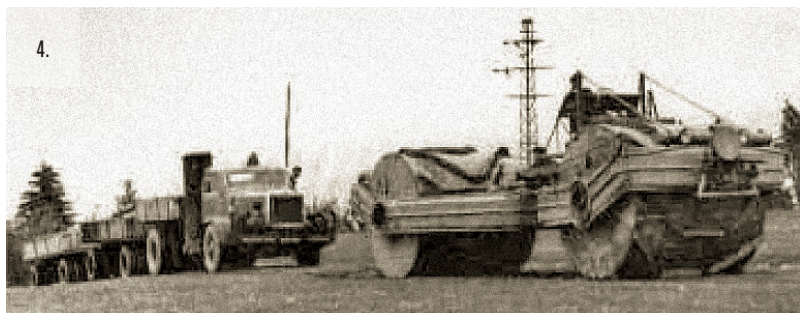
a német légierő (Luftwaffe) 1944 év végén rendelt 14 db továbbfejlesztett eszközt repülőterek gyors – egy menetben történő – kialakításához.

Ez a változat az LW 7/II jelű önjáró műszaki gép, amely a korábbi kísérletektől eltérően már dízel-elektromos hajtásláncot kapott. A jármű hosszúsága meghaladta a 11 métert, tömege 24 tonna, teherbírása 10 tonna volt. A vontató mozgatását egy 108 kW-os (145 LE) Maybach G4a dízelmotorral meghajtott 440 V-os, egyenáramú generátor biztosította úgy, hogy a kerékdobok mindegyikébe egy-egy villanymotor került. Bár az eszköz a próbákon jól teljesített, a késve érkezett megrendelés, a gyárat érő bombázások, valamint a szövetséges csapatok közeledése miatt az eszközből a világháború végéig mindössze egy darab legyártását sikerült befejezni, a többi összeszeretlenül maradt a gyártelep területén. [1] (5. ábra)

II. VILÁGHÁBORÚ UTÁN

A II. világháborút követő években hosszú ideig nem történt érdemi gyártás az azóta Lauster GmbH-ra átnevezett vállalatnál, de a fejlesztések nem álltak meg. Erhard Lauster 1965-ben bejegyzett több szabadalmat is, amelyek továbbra is járművek mostoha terepviszonyok közötti mozgatásához szükséges speciális tengelyek kialakításáról szóltak. Feltalálta a róla elnevezett „Lauster-tengely”-t (németül: Lauster-Achse), amely egy érdekes koncepció alapján hajtotta volna meg a nehéz, jellemzően erdőkben üzemelő járműveket, teherszállító eszközöket. A két tengely között foglalt helyet egy – korábbi kísérletek alapján már jól bevált – halszákamintás kapaszkodókörmökkel ellátott fémhenger, amelyet a mostoha körülmények közötti haladáshoz hidraulikusan leengedhettek, hogy az biztosítsa azt a kapaszkodóképességet, amelyre a nagy méretű pneumatikus tömlős kerekek a nehéz terepi körülmények között nem voltak képesek. A speciális kialakítás nyújtotta rendkívüli terepjáró képesség érdekében, az ezzel a tengelyelrendezéssel szerelt járműveknek – hasonlóan a II. világháborús elődeikhez – törzscsuklós kivitelben

2 A V-12 hengerelrendezésű, 10 800 cm³ lökettérfogatú motor jellemzően az Sd.Kfz. 9 típusú féllánctalpas vontatók szabvány erőforrása volt, nedves karteles, mágneses gyújtású, tengelykapcsolós, ékszíjhajtású kompresszor-kialakítással.



kellett készülniük, ugyanis a tengelyközi kapaszkodó henger nem tette lehetővé a kormányzáshoz szükséges szelvények – kormányrudak, hibák, karok stb. – alkalmazását. [3] (6. ábra)

Lauster azért alkotta meg sajátos tengelykialakítását, hogy egyszerre tegye képessé járműveit a közúti közlekedésre, ugyanakkor biztosítsa az extrém terepen történő megbízható haladásukat is. Közúton egy hidraulikus munkahenger felemelve tartotta a kapaszkodókörmökkel ellátott középső, meghajtott dobót, amelyet terepen visszaengedtek a földfelszínre. A két középső, kapaszkodókkal ellátott hajtott fémdob együttes alkalmazása garantálta a kitűnő terepjáró képességet. A tengely meghajtását a dobokba épített villanymotorok biztosították, amelyekhez – jellemzően – egy dízelmotor hajtotta generátor biztosította a megfelelő feszültséget. Hogy bizonyítsa találmánya hadi megfelelőségét is, Lauster épített egy két-tengelyes vontató prototípusjárművet Funktions-Modell Lauster-Achse (Lauster-tengely Funkcionális Modell – FML) néven, amelyet 1969-ben felajánlott a Bundeswehrnek tesztelésre. A 462 kW-os (620 LE), 14,5 literes hengerűrtartalmú V-8-as dízelmotorral hajtott egyenáramú generátor látta el elektromos energiával a kerekenként

elhelyezett 4 db villanymotort. A hagyományosan törzscsuklós kialakítású járművet – amelyet Luster-Trucknak is neveztek – olyan speciális, többfunkciós járműként képzelték el, amely terepen és közúton egyaránt képes lett volna gréderként, földgylaként, vontatóként, bulldózerként vagy akár szállítójárműként szolgálni. [1] (7. ábra)

A két Lauster-tengely meghajtását biztosító dízel-elektromos (azaz hibrid) meghajtóegység teljesítménye elegendő volt a maximum 50 t össztengely-terhelésű jármű 68 km/h sebességgel történő mozgatására műuton, vagy akár 1 méter magas hó, vagy felázott talajban történő haladásra is, amelyhez külön-külön, vagy akár együtt is használhatta a gumikerekek és a fémdobok biztosította nyomtérátvitelt. Külön érdekesség, hogy – bár lett volna lehetőség oldalajtók kialakítására –, a tervezők ragaszkodtak a korábbi Lauster járművek vezetőhelyeihez, emiatt a jármű vezetője az FML típus esetében is a fülke tetején kialakított nyíláson keresztül juthatott be a munkahelyére. A különleges kialakítású jármű, bár terepleküzdő képessége is különleges volt, rendkívül drágának bizonyult: a Bundeswehr nem tervezett szerződést kötni a vállalattal, a teszt-

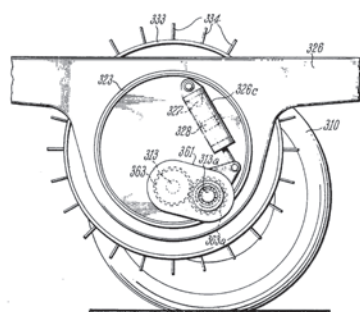
járművet is felajánlotta a sinsheimi múzeum számára.

AZ IRÁNYVÁLTÁS

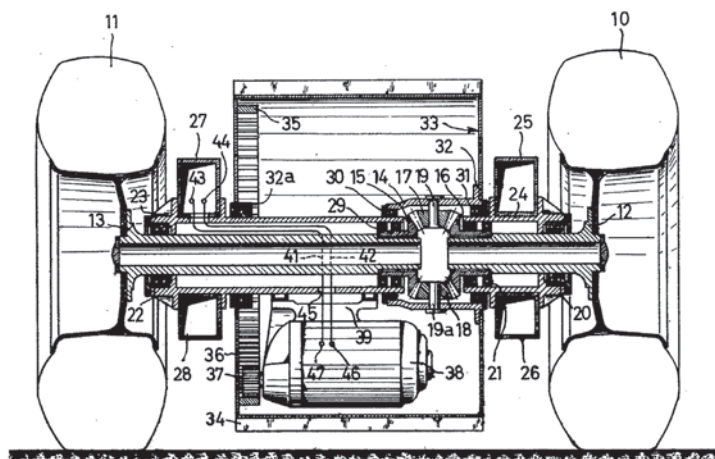
A Lauster vállalat a speciális járművek terén nyert tapasztalatait – mivel megrendelést semelyik szegmensből nem kapott – egy teljesen új alapokra épített, ún. „Mérőjármű” kialakításában vitte a csúcsra, amely az MF 60 típusnevű, speciális feladatu és kialakítású jármű³ volt. Szakítva a hagyományokkal, ebben a mérőeszközben már nem alkalmazták a Lauster-tengely szabadalmukat, azonban felhasználták mindazon tapasztalatokat, amelyeket a vállalat, az elmúlt 30 év különféle fejlesztései során a dízel-elektromos hibrid hajtások terén nyert. A Bundeswehrben az érdeklődés középpontjába került FML jármű tesztelése még folyt, amikor a német hadsereg Technológiai és Közbeszerzési Hivatala (Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung – BWB) azzal kereste meg a vállalatot, hogy a Németország déli részén, Trier városában működő Wehrtechnische Dienststelle (Szövetségi Védelmi Minisztérium, a BAANBw Műszaki Kompetenciaközpont Védelmi Műszaki Osztálya) WTD-41 gép- és harc-

4. ÁBRA. A Lauster-Wargel 7/II prototípusa vontatás közben. A jármű két hatalmas meghajtó hengere inkább úthengerekhez, mint közúti járművekhez hasonlatos kialakítás [1]

5. ÁBRA. A Lauster-Wargel 7/II vontató egyetlen elkészült prototípusának tesztelése. A két kerék között a földmunkát végző munkaszerv (földgylu) látható [2]



3 MF – MeßFahrzeug – mérőjármű.



6. ÁBRA. Erhard Lauster AT240184B jelű szabadalmi bejegyzéshez mellékelt műszaki rajok a különleges terepjárás biztosító speciális kerékialakításról [3]



7.



8.

7. ÁBRA. A kísérleti FML egyetlen példánya a németországi Sinsheim városában található Auto und Technik Museumban [4]

8. ÁBRA. Az MF 60 mérőjármű méreteit jól érzékelteti, ha összevetjük a mellette álló átlagos testalkatú gépjárművezető magasságával [5]

9. ÁBRA. Az MF 60 mérőjármű a trieri repülőtér betonján. Jól látszik a négy tengely kormányozhatósága [5]

jármű tesztközpont számára építse- nek egy mozgó mérőjárművet.

Miért szükséges egy mérőjárművet létrehozni? Míg a hagyományos jármű- vek (személy- és tehergépkocsik) ese- tében rendelkezésre állnak olyan be- épített, állóhelyi tesztpadok, amelyek a járművek viselkedésének vizsgálatát szolgálják mesterséges terhelésekkel szimulálva a környezeti hatásokat, ad- dig a speciális kialakítású, méretű vagy feladatrendszerű járművek – mint ami- lyenek a harcjárművek is –, esetében ez nem lehetséges. Illetve ez utóbbiak kis gyártási darabszáma miatt nem lenne gazdaságos. Ezért célszerű egy olyan mérőjármű kifejlesztése, amely a valós körülmények mellett is mesterségesen képes terhelni az eszközt. A trieri mér- nököknek szükségük volt egy olyan mérőjárműre, amely a Leopard 1 harc- kocsi továbbfejlesztéséhez, egy új alapharcocsi kifejlesztéséhez szüksé- ges adatokat rövid határidővel és ala-

csony költségek mellett tudja biztosí- tani. A vizsgálatok során a mérőjármű vontatja vagy fékezi menet közben a vizsgálandó járművet, vagy a beépí- tett csőrője segítségével húzza, avagy azon keresztül fékezi a mozgásban lévő járművet. Az előbbi vizsgálatokat kiépí- tett úton, az utóbbiakat inkább terepen végzik, ahova a mérőjármű, annak kialakításánál fogva, nem tudna be- menni. Kisebb mérőjárművek korábban is elérhetőek voltak, de a Bundeswehr számára szükséges, nagy tömegű és komplex eszköz nem létezett, ezért az MF 60 megalkotásával egy máig egye- dülálló járművet fejlesztett a Lauster vállalat. (9. ábra)

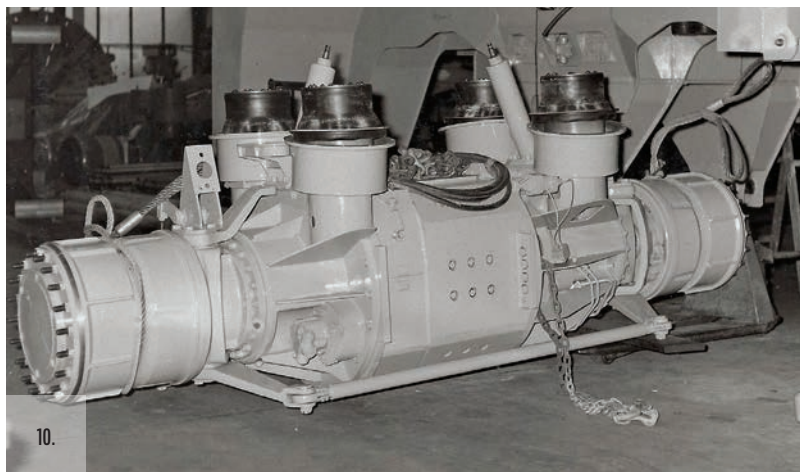
A MÉRŐJÁRMŰ ÁLTALÁNOS FELÉPÍTÉSE

A mérőjármű nevében szereplő MF (Messfahrzeug – mérőjármű) és szám jelenti azt a terhelési kategóri- át, amelynek vontatására méretezték,

de a járműnek ennél nehezebbnek kellett lennie, így 80 tonna a mérő- jármű össztömege, amely különleges mérések esetén ballaszt súlyokkal to- vább növelhető. Hosszúsága 15,4 mé- ter, szélessége 3,6 méter, magassága 4,2 méter, de a külső hangszórórend- szerekkel és a kábeltartó sínnel ez az érték 4,5 méterre is megnőhet. A mérőjármű összteljesítménye 1343 kW (1826 LE), amelybe beleszámítják a két segédáramforrás (auxiliary power unit – APU) 122 kW-os (166 LE) össz- teljesítményét is. A hatalmas teljesít- ménydotáció azért szükséges, mert a tervekben maximálisan 118 kW-os (1500 LE) harcokocsi tesztelését tűz- ték ki célként, ennek megfelelően a mérőjárműnek ennél nagyobb telje- sítményűnek és tömegűnek kell lennie ahhoz, hogy képes legyen „megküzd- deni” ezekkel a harcjárművekkel.

A mérőjármű 8x8 kerékképletű, 8 hatalmas gumiabronccsal rendelke- zett – az összes kerék elektromosan hajtott –, levegővel fékezett és hidrau- likusan kormányzott volt. A tengelyek 4-4 légrugóval kapcsolódtak az alváz- kerethez, amelyek állítható magasságú haladást biztosítottak. A mérőjármű vonóteljesítménye 600 kN volt. Ösz- sezhasonlításként: a MÁV jelenleg is közforgalomban üzemeltetett M62- es dízel-elektromos mozdonyának a vonóteljesítménye „mindösszesen” 370 kN. Nemcsak a teljesítménye, a méretei miatt is érdemes összeha- sonlítani a két járművet egymással: a korábban taglalt mérőjárműméretek mellett az M62-es mozdony ugyan két méterrel hosszabb, azonban majdnem 70 cm-rel keskenyebb (megegyező magassági adatok mellett). Természe-





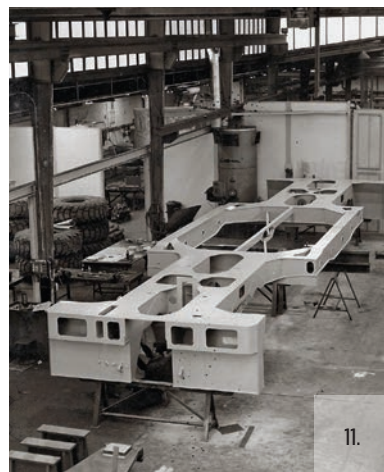
tesen ezekkel a méretekkel a mérőjármű közötti forgalomban nem vehetne részt, de ez nem is volt prioritás a zárt teszt pályán üzemelő jármű tervezésénél. [6] (8. ábra)

A MÉRŐJÁRMŰ HORDOZÓVÁZA

A mérőjármű hordozóvázának (11. ábra) tervezését és gyártását az ulmi székhelyű Staudenmaier & Widmann cég végezte a Lauster szakembereinek bevonásával. Egy hatalmas létraalváza szerelték fel a speciális elektromos meghajtású tengelyeket, amelyek különlegessége, hogy a négy tengely egy és ugyanazon felépítésű, kialakítású, de az egyes elemeket 180°-ban elfogotva, párosával építették be. Mind-egyik tengely hajtott, légrugózott, fékezett és kormányzott. A mérőjármű alaphelyzetben összkerek-kormányzású, ilyenkor a fordulókör átmérője 29 méter, azonban lehetséges a menetirány szerinti hátsó tengelypárok kormányzásának zárolása, ilyen esetben azonban a fordulókör átmérője drasztikusan megnő, majdnem megduplázódik 52 méterre.

A mérőjármű egyedi dízel-elektromos hajtásának alapját – vélhetően részben a logisztikai ellátási kockázatok csökkentése érdekében – két MTU MB-838 CA M500 típusú V-10 hengerelrendezésű, vízhűtéses, négyütemű harckocsimotor adja, amelyeket eredetileg a Leopard 1 harckocsik számára fejlesztett ki a müncheni MTU, és a Mercedes Benz vállalat. A motoronként két mechanikus feltöltővel szerelt hajtóművek egyenkénti löket-térfogata 37 419 cm³, teljesítményük 2 × 610 kW (2 × 830 LE) volt 2200 1/min fordulatszám mellett.

A mérőjármű, attól függően, milyen teljesítményű járművet kell vizsgálnia, üzemeltethető egy motorral is, azonban nincs meghatározva, hogy az melyik motor legyen. Két motor alkalmazása esetén a vonóhorgon megjelenő maximális vontatási teljesítmény 858 kW (1167 LE), ami természetesen megegyezik a mérőjármű hatásos fékteljesítményével is. Tartósan a korábban már említett 600 kN vonó- és fékerő nagysága elérhető úgy is, hogy annak mértéke 1 kN és 600 kN között fokozatmentesen változtatható, valamint automatikusan leköveti a talaj és a kerék súrlódási együtthatójának változásait is. A vonó- és fékezőerő fokozatmentes váltását és hibahatáron belüli stabilitását biztosítják a hajtáslánc elektromos elemei. Ennek köszönhetően a mérőjármű a vonó- és fékezőerőt a jármű 0–70 km/h sebességtartományán belül, a vonóerő megszakítása nélkül képes biztosítani.



10. ÁBRA. Az MF 60 mérőjármű egyik, Lauster tervezte tengelye. Jól kivehetők a légrugózás felső gumiharangjai [5]

11. ÁBRA. Az MF 60 mérőjármű hatalmas hordozóváza, jól megfigyelhető annak szimmetrikus kialakítása [5]

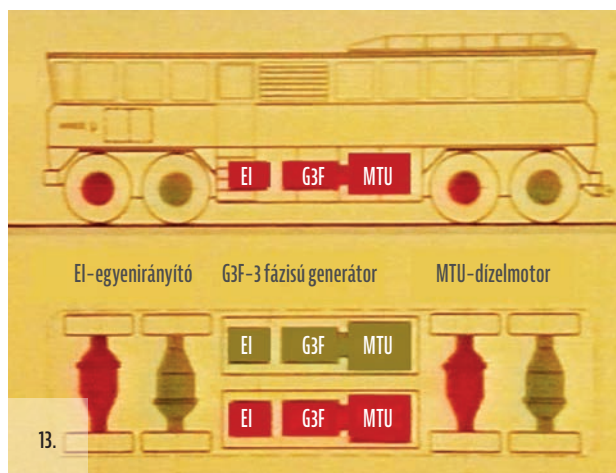
A mérőjármű az alábbi két üzemi állapotban volt irányítható:

- normál vezetési üzemmód, amelyben a vezető a gázpedállal szabályozta a mérőjármű sebességét,
- mérési üzemmód, amelyben a haladási sebességet – a vontatás vagy fékezés – elektromosan szabályozták a vizsgálatvezető által meghatározott érték szerint. Ez az érték fokozatmentesen volt állítható, és a rendszer automatikusan állandó szinten tartotta a beállított értéket. Ebben az esetben a járművezető gázpedálját kiiktatták.

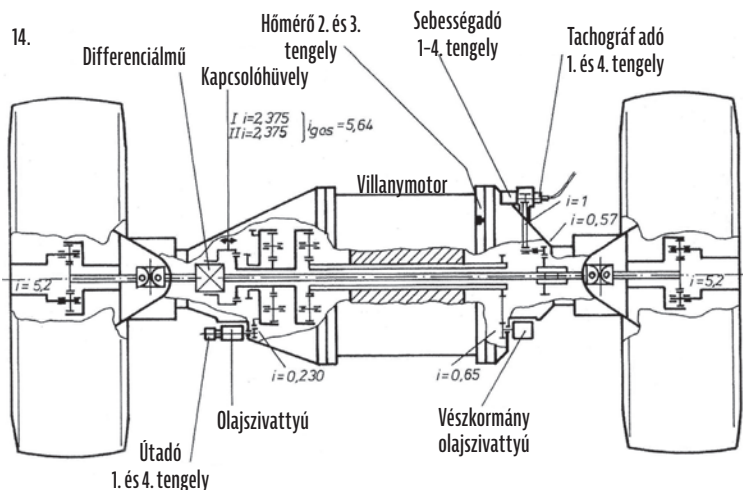
A mérőjármű teljes elektromos rendszerét – beleértve a tengelyhajtást adó vontatómotorokat és azok vezérlőrendszeit is – a Siemens vállalat szállította. Az MTU dízelmotorok egy-egy háromfázisú, váltóáramú generátort hajtottak meg, amelyek egyenirányítón keresztül biztosították a tengelyenként 240 kW teljesít-



12. ÁBRA. A Lauster FML a mosórámpán. A jármű alvázán jól láthatóak a központi meghajtódob halszállkamintás kapaszkodófelületei [5]



13. ÁBRA. Az MF 60 mérőjármű egyik tengelyének metszete, a két bolygóműfokozattal és a kerékhajtás reduktoraival (A szerző szerkesztése [5] alapján)



14. ÁBRA. Az MF 60 mérőjármű tengelyeinek hajtási sémája [7]

ményt az egyenáramú villanymotorok számára. A villanymotorokat a Lauster vállalat által tervezett speciális tengelyekbe szerelték be, annak központi elemét képezve. (10. ábra)

A 21.00-25xRB típusú gumibroncsokkal szerelt 25"-os kerekek differenciálművön és kerékreduktorokon keresztül kapták a hajtást a villanymotoroktól. Minden tengelyen egy kétfokozatú, bolygóműves terepváltó is található volt, amely egy lassabb és egy országúti, nagy sebességű haladást tudott biztosítani. A terepváltók csak állóhelyben, mind a négy tengely együttes váltásával voltak kapcsolhatók. (14. ábra)

A mérőjármű alvázán alakították ki a heidelbergi Grau GmbH. vállalat hidraulikusan csillapított légrugós felfüggesztését, amely gyorsleeresztő és szintező funkcióval is rendelkezik. Ennek segítségével akár 150 mm-el is csökkenthető a mérőjármű hasmagassága, amennyiben a járművel csörlőzési-vontatási feladatot látnak el, vagy az menetdinamikailag szükséges. Szintén ettől a vállalattól származott a mérőjármű összes kerekére

ható légfékrendszer is. A mérőjármű kormányrendszerét a Schwäbisch Gmünd-i Zahnradfabrik Friedrichshafen GmbH vállalat gyártotta, amely biztosította a hagyományos, és az összkerekkormányzás lehetőségét is. A kormányzás a mérőjármű mindkét kormányállásában végrehajtható volt, a tengelyek blokkolására azonban csak állóhelyben kerülhetett sor. A kormányrendszer hidraulikus rásegítéséhez szükséges olajnyomást mind a négy meghajtótengelyen elhelyezkedő olajszivattyúk biztosították, emelve az akkor még problémásnak tartott hidraulikus körök redundanciáját.

A két dízelmotor átfedésekkel hajtotta a tengelyeket, az egyik az 1. és a 3. tengelyt, míg a másik a 2. és a 4. tengelyt hajtotta meg, így valamelyik motor kiesése nem veszélyeztette a mérőjármű mozgásképességét, ahogy ez egy, az 1970-es években készített, film kockáján is látható. (13. ábra)

A hordozóalváz részét képezi egy elektromos meghajtású csörlőberendezés is, azonban ez a megszo-

kottaktól eltérően nem a mérőjármű saját mentését szolgálja. Mivel a mérőjárművet kifejezetten harcjárművek tesztelésére fejlesztették ki, méretei és kialakítása azonban nem teszi lehetővé, hogy akár közepes terepen is végre tudjon hajtani vontatási vagy fékezési méréseket, ezért ellátták egy nagyteljesítményű mérő-csörlőberendezéssel is. Használatakor a mérőjármű megállt a vizsgálandó terepszakasz mellett – még a jól épített útfelületen –, és a csörlőjével hajtotta végre a vontatási teszteket. A vizsgálandó harcjármű szélsőséges terepen haladva húzta maga után a vontatókötelet, ezáltal mérhető volt annak vonóereje, teljesítménye, vagy a mérőjármű húzta maga felé a vizsgálandó járművet, ilyenkor mérve a harcjármű fékezési teljesítményét.

Egy – szintén a Siemens által gyártott – villanymotor hajtotta meg a függőleges kötéldoboz csörlőt, amelyre 330 méter hosszú acélkötelet cséveltek fel. A csörlő a vonófej jobb oldalán található, a vonófej két oldalán elhelyezett terelőgörgőkkel együtt. A csörlővel



15. ÁBRA. Az MF 60 mérőjármű hátsó részén kialakított csörlőberendezés, és annak terelőgörgői a vonófej két oldalán [5]



16. ÁBRA. Az MF 60 mérőjármű műszerfalán a méréshez szükséges ellenállások forgatókapcsolói és visszajelző műszerei találhatók [5]

maximálisan elérhető vonóerő 735 kW (1000 LE), a maximálisan elérhető fék teljesítmény 573 kW (780 LE). Egyetlen kötélzáron maximálisan 100 kN vonóerő vihető át, amely 2-4 csigát tartalmazó görgősorral akár a négyszeresére is növelhető. A maximális kötélfekező erő ennél valamivel alacsonyabb: kötélzáron 70 kN. Húzó üzemmódban sebességvezérelt, míg fekező üzemmódban erő- és sebességvezérelt lehet a csörlőzés. A csörlőkötél maximális sebessége 65 km/h! A kötélágba helyezhető függőleges terelőgörgők segítségével a húzás iránya akár 50°-os szögben is állítható függőlegesen, lehetővé téve ezáltal az emelkedőn vagy a lejtőkön történő vizsgálatokat. (15. ábra)

A MÉRŐJÁRMŰ FELÉPÍTMÉNYE

A mérőjármű felépítményét a reutlingeni Erhard Wendler GmbH építette meg. Előírták, hogy a mérőjármű megfordulás nélkül tudjon mindkét irányba haladni, ugyanazon sebességgel, ezért mindkét vezető és segédvezető állást tükörszimmetrikusra készítették. A balesetek megelőzése érdekében az egyik irányba történő induláskor, a másik oldali kezelőszervek automatikusan blokkolódtak. Mivel a hordozóváz – funkcionalitását tekintve – sem egyforma két oldallal rendelkezik, a felépítményben is vannak eltérések. (16. ábra)

A jármű azon felén, ahol a hidraulikusan állítható vonófej, illetve a csörlőkötél kivezetése látható, ezek a vezérléséhez szükséges munkaszervek és ellenőrző műszerek is megtalálhatók. A mérőjárművet három személy kezeli: a vezető, a segédvezető/csörlőkezelő és a vizsgálatvezető. A kezelők a páncélüveggel ellátott vezetőfülkékben foglalnak helyett. A két vezetőtér közötti teret különféle mérőműszerek töltik ki, de ez fizikailag nincs elválasztva a vezetőterektől. Ebben a térben foglal helyet két mérőtechnikus, illetve – egy hosszirányú padon – lehetőség nyílik további öt megfigyelő biztonságos elhelyezésére is. A két vezetőteret is beleértve egy 14,8×3,5 méteres tér áll rendelkezésre, amelynek a belmagassága eléri a 2 métert. (18. ábra)

Természetesen a mérőjármű belső tere légkondicionált és erős hangszigeteléssel is rendelkezik, amely lehetővé teszi a +21 °C ± 2 °C állandó benti hő-

mérséklet biztosítását –15 °C és +32 °C közötti külső hőmérséklet esetén. A vezetőtér 10 csatornás vezeték nélküli telefonrendszerrel rendelkezik, amelyvel kapcsolatot lehet tartani a mérőjármű belsejében és a külső helyszínen (csörlő) tartózkodó technikusokkal, illetve a tesztjármű kezelőállományaival is. Az utóbbiakkal már zavarvédtet, vezetékes összeköttetési rendszert alkalmaztak a tervezők, amelyek vonatáskor a mérőjármű tetején kialakított vezetékartó sínben futottak át a vonatott, tesztelt járműre. Ezenfelül az MF 60-as rendelkezik két darab háromkürtös Starkton típusú kültéri hangszóró rendszerrel is. (17. ábra)

A mérőjármű legfontosabb eszközeit, a különféle fedélzeti mérő- és rögzítőberendezéseket a Hartmann & Braun GmbH szállította. Ezek a mérőberendezések 50 különböző mérési pontról egyidejűleg gyűjthetik a szükséges adatokat, amelyet valós időben, későbbi elemzések érdekében mágnesszalagos magnetofonon és oszcillográfiai rögzítőrendszerrel is felvették.

A mérőjárműbe épített műszerek:

- egy 25 csatornás UV-felvevő fénysugaras oszcillográf;
- egy 6 csatornás feszültségmérő erősítő;
- egy giroszkópos navigációs mérőrendszer;
- egy elektronikus 12-szeres kompenzációs pontíró;
- egy 14 csatornás szalagos magnó;
- különböző elektromechanikus feszültségmérő hengerek a mérőjárműhöz és a kábelcsörlőhöz;



- sebességérzékelők a kábelcsörlőhöz és a mérőjármű relatív sebességének méréséhez;
- egy mérőkerék a mérőjármű vagy a tesztjármű abszolút sebességének rögzítésére.

A mérőberendezés részét képezte egy 7,5 kW-os Hatz dízelmotor hajtotta, 5,0 kVA teljesítményű, 220/380 V feszültségű, 50 Hz-es fedélzeti generátor, amely biztosította a mérő- és a felvevőberendezések állandó tápáramellátását.

A mérőjárműbe beépítették továbbá az elektromos működés vezérlő- és szabályozórendszeit, a fékellenállások és a légkondicionáló rendszer különböző elemeit, részegységeit is. A mérési művelet során a mérőjármű fedélzeti áramellátását – a mérőberendezések áramellátásán felül – egy speciális, 63 kVA teljesítményű, 220/380 V-os segédáramforrás (APU) biztosította, amelyet egy léghűtéses, 115 kW (156 LE) teljesítményű Deutz dízelmotor hajtott. Ennek a berendezésnek menet közben is folyamatosan működnie kellett, mivel a szervokormány négy hidraulikaszivattyút, a munkahidraulika olajszivattyút, valamint a fékrendszer, a légrugózás,

17. ÁBRA.

Az MF 60 mérőjármű egy FML vonatott tesztel. Jól látszanak a tető mellső részén lévő kültéri hangszórók, illetve a tető hátsó részéből kiemelt vezetékartó sín is [5]

18. ÁBRA.

Az MF 60 mérőjármű felépítménye a hordozóvázalattal történő összeszerelés előtt [5]



a légkondicionáló rendszer és a kábelfeszítő rendszer légkompresszorát is ez látta el a szükséges energiával.

VIZSGÁLATOK

A mérőjárművel lehetővé vált, hogy ne csak a hagyományos gumikerekes, hanem a lánctalpas páncélozott harcjárművek is vizsgálat tárgyává válhassanak azáltal, hogy a vizsgált járművet vontatták, vagy húzóerőt gyakoroltak rá (vontatás versus fékezés). Emellett a tesztjármű értékes információkat szolgáltatott annak egészének különböző jellemzőiről. Valódi vezetési tesztek során, azaz normál üzemi körülmények között történő vezetés közben pl. a következő értékek könnyen, szükség esetén egyidejűleg, vagy időzített sebességgel is meghatározhatók voltak. A teljes sebességtartományban a tényleges hajtási és fékezési teljesítmény, a talajsúrlódás értéke különböző út- és talajviszonyok mellett, a vezetési ellenállás, a gördülési ellenállás különböző út- és talajviszonyok mellett, a hajtás, a fékezés és a hűtőrendszerek megbízhatósága, a gyorsulás és lassulás értékei és még sok egyéb tényező és adat. Gyakorlatilag a rövid és hosszú távú (tartóssági) vizsgálatok során minden olyan fizikai változó mérhető és rögzíthető volt, amelyet elemezhető elektromos jellé tudtak alakítani.

A mérőjárműnek a következő négy fő feladatot kellett teljesítenie ahhoz, hogy korlátozások nélkül betölthesse gördülő próbapadi funkcióját:

- vezetés: azaz a tesztjármű kísérése az úton történő tesztvezetések során;
- szimuláció: azaz előre meghatározott, különböző vezetési körülmé-

nyek rákényszerítése a tesztjárműre fékezéssel, vagy húzással;

- csörlőzés: azaz a mérőjármű működtetése annak érdekében, hogy a szimulációkat és valós méréseket akkor is el lehessen végezni, ha a mérőjármű nehéz terepen már nem tudja követni a tesztjárművet;

- mérés, rögzítés: azaz a tesztjármű tulajdonságainak, valamint azok egyes alkatrészeire vagy részegységeire ható terheléseknek és üzemi körülményeknek vizsgálata.

ÖSSZEGZÉS

Az MF 60 típusú mérőjármű egy különleges és egyedülálló jármű, nemcsak a maga korában volt az, de jelenleg sincsen párja. Az eszköz nagyban segítette és lerövidítette a Leopard 2 alapharckocsi kifejlesztését, és még számos más, a Bundeswehrnél rendszeresített harcjármű és tehergépjármű kifejlesztéséhez is hozzájárult. Sajnos a mérőjármű felett is eljárt az idő, az elektronikai, de a mechanikai, hidraulikus és pneumatikus elemei is jelentős felújításra szorulnának. Ez azonban a Bundeswehrben korábban nem jelentett elsődleges szempontot. A megváltozott geopolitikai körülmények generálta új, harcjárműveket érintő fejlesztések 2018-ban azonban már olyan igényt támasztottak az üzemeltetők felé, hogy a mérőjármű jelentős összegű és terjedelmű fejlesztését a Bundeswehr is fontosnak ítélte. Jelenleg a mérőjármű szétszerelt állapotban Trierben, a WTD-41 műhelyében várja a beépítendő újdonságokat, amelyekről egyelőre még nem szivárogtak ki részletek.

A Lauster vállalat napjainkban is működik, és ahogy az elmúlt időszakban,

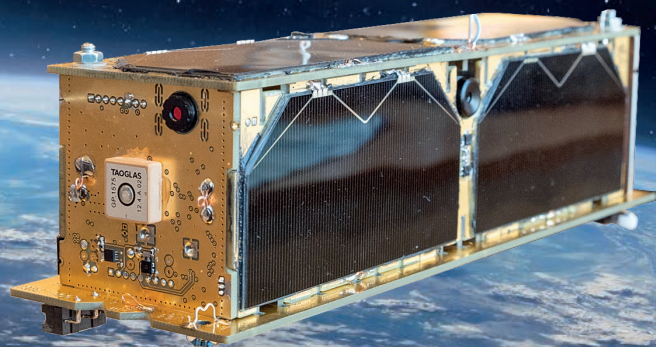
jelenleg is különleges járművek, hajtásláncok és mérőberendezések fejlesztésével foglalkozik. Az MF 60 mérőjárművel nyert tapasztalatok alapján fejlesztett MF 30 mérőjármű az elődjénél sokkal szerényebb méretekkel és tulajdonságokkal rendelkezik, igaz, a feleakkora teljesítményształy mérőjárművet testesíti meg. [8]

HIVATKOZÁSOK

- [1] Поиск выхода из тупика. Часть 21., <https://alternathistory.ru/poisk-vyhoda-iz-tupika-chast-21-lauster-wargel-lw-3-1942-s-tremya-kolesami-tyagat-tanki-neperebor/?ysclid=lpjoz9yron736359238> (Letöltve: 2023.12.5.);
- [2] Lauster Wargel LW: пожалуй самые странные машины вермахта, <https://autohs.ru/avtomobili/spetsialnye/lauster-wargel-lw-pozhaluj-samyestrannye-mashiny-vermahta.html>, (Letöltve: 2023.12.5.);
- [3] Achsaggregat mit in diesem angeordnetem Antriebsmotor und Ausgleichsgetriebe <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/003603511/publication/AT240184B?q=pn%3DAT240184B>, (Letöltve: 2023.12.2.);
- [4] Auto und Technik Museum Sinsheim engedélyvel;
- [5] Dr. Frank C. Otto, Lauster GmbH. vezérigazgató gyűjteménye;
- [6] Kovács Miklós. A németek egyetlen célra építettek egy 80 tonnás géporiást a hetvenes években [Vezess.hu https://www.vezess.hu/vezetunk/2021/10/11/a-nemetek-egyetlen-celra-epitettek-egy-80-tonnas-geporiast-a-hetvenes-ekben](https://www.vezess.hu/vezetunk/2021/10/11/a-nemetek-egyetlen-celra-epitettek-egy-80-tonnas-geporiast-a-hetvenes-ekben), (Letöltve: 2023.12.5.);
- [7] Das Messfahrzeug MF60 video, WTD-41, Trier, 1975.;
- [8] LAUSTER Consulting, management and engineering company, <https://www.lauster.gmbh/kernkompetenzen.html>, (Letöltve: 2023.12.7.);
- [9] Forrás: <https://www.flickr.com/photos/pzbrig15/6083051859/sizes/h/> (Letöltve: 2023.12.07.).



19. ÁBRA.
Egy PzH 2000 önjáró tarackágyú tesztelése MF 60-as mérőjárművel [5]



HERMAN TIBOR* – DUDÁS LEVENTE** – PÁL ANDRÁS***

ZSEBBEN ELFÉRŐ ŰRTECHNOLÓGIA

ÖSSZEFOGLALÁS: A korábbi sikeres SMOG-projektekhez hasonlóan, az MRC-100 projektet is a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan tanszék oktatói és hallgatói jegyzik. A fejlesztőcsapat ezúttal egy 50×50×192 mm méretű, PocketQube építésébe kezdett, amely több tudományos kísérletnek is teret biztosít, ezért több magyar egyetem is lehetőséget kapott, hogy az űrbe juttasson egy-egy kísérletet. A sikeres pályára állítást követően – az üzemeltetési feladatokkal párhuzamosan – már megkezdődött a következő műhold (az NMHH-1 projekt) tervezése is, amely szintén egy három egység méretű PocketQube lesz.

KULCSSZAVAK: PocketQube műholdak, MRC-100, BME, rádiófrekvenciás kommunikáció, Alapod

ABSTRACT: Similarly to the successful SMOG projects, the MRC-100 project is also a result of the work done by the teachers and students of Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Electrical Engineering and Informatics, Department of Broadband Infocommunications and Electromagnetic Theory. This time, the development team started building a 50×50×192mm PocketQube, which provides room for several scientific experiments, thus giving the opportunity for several Hungarian universities to launch experiments into space. After successfully putting it into orbit, the design of the next satellite (the NMHH-1 project) – which will also be a three-unit-sized PocketQube – has already begun, in parallel with performing the operational tasks.

KEYWORDS: PocketQube satellites, MRC-100, Budapest University of Technology and Economics, radio frequency communication, Alapod

A műholdfejlesztés az utóbbi években a félvezető technológia előrehaladtával a miniaturizálás irányába mozdult el, ezáltal az egyetemek és hallgatók számára megnyílt a lehetőség kis méretű, tudományos küldetést végző műholdak tervezésére. A már szabványosított CubeSat (10×10×10 cm és többszörösei) méretű műholdakból több százat felbocsátottak már [1] [2], így ez egy igen kiforrott mére szabvány. A PocketQube egy még ennél is kisebb műhold-kategória, amelynek mérete 50×50×50 mm, és annak többszörösei. Az első „zsebműholdat” 10 évvel ezelőtt, 2013-ban állították pályára, és az első tíz évben a számuk meghaladja a CubeSat műholdak első tíz évben készült darabszámát

is (67). [3] Sajnos többségük nem kapcsolt be, így a technológia által adott lehetőségeket még nem sikerült kihasználni. Az első, 1P (egy egységnyi PocketQube, azaz 50×50×50 mm) méretű műhold, amely pályára állítás után bekapcsolt és üzemszerűen működött, a BME-n épült SMOG-P volt, amelyet később további három sikeres küldetés követett. Különösen figyelemre méltó, hogy ezeket az oktatásba integráltan, villamosmérnök hallgatók építették, oktatóik segítségével.

Hasonlóan a SMOG-projektekhez, az MRC-100 projektet is dr. Gschwindt András, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan tanszék

címzetes egyetemi docense vezeti, akinek köszönhetően több intézmény és cég is felkarolta a fejlesztést. A két főtámogató a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság (NMHH) és a Külgazdasági és Külügyminisztérium volt, míg a felbocsátás költségét az Amateur Radio Digital Communications állta. [4] A műhold a nevét a Műegyetemi Rádió Club (MRC) előtti tisztelgéséért kapta, amely 2024-ben lett 100 éves.

TELE TECHNOLÓGIÁVAL

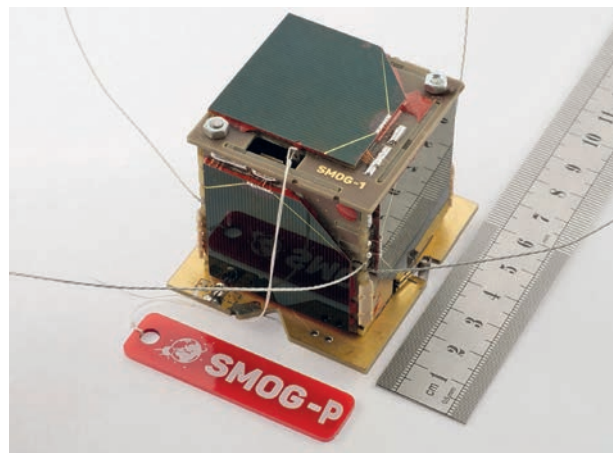
Felbuzdulva a SMOG-műholdak sikerén, a csapat ezúttal egy háromszoros méretű (50×50×192 mm) PocketQube építésébe kezdett, amely több tudományos kísérlet helyigényét is biztosítja, így több magyar egyetem is lehetőséget kapott, hogy az űrbe juttassanak egy-egy általuk választott kísérletet. Az alapvető fedélzeti rendszerek mellett több, mint 10 tudományos kísérlet kapott helyet, amelyeknek egy részét redundáns, hibatűrő módon tervezték meg.

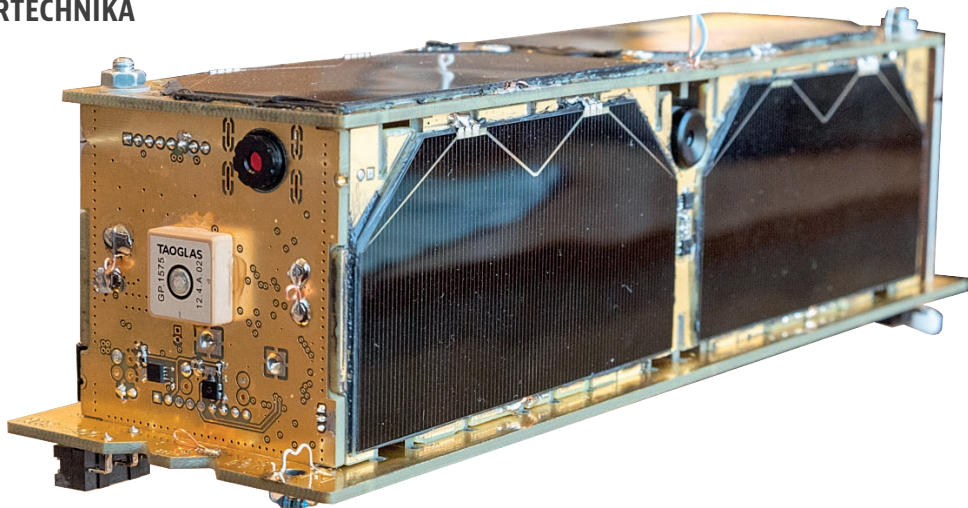
* Doktorandusz, BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék, tudományos segédmunkatárs. ORCID: 0000-0003-1168-5060

** PhD, BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék, adjunktus. ORCID: 0000-0001-9050-6061

*** Tudományos főmunkatárs, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet ORCID: 0000-0001-5449-2467

1. ÁBRA. SMOG-P, a világszerte sikeres 1PQ műhold (A szerzők felvétele)





2. ÁBRA.
Az MRC-100 űrbe felbocsátott példánya (A szerzők felvétele)

Az MRC-100 (2. ábra) 578 g tömegű, energiaellátását 8 darab háromrétegű InGaP/GaAs/Ge napelemcella biztosítja. A cellák a Föld napos oldalán töltik be, belül található két Lilon akkumulátort a napelemek maximális teljesítményű munkapontjában, amit az MPPT (Maximum Power Point Tracking) állít be. Az átlagos bejövő DC-teljesítmény egy keringési körre vonatkoztatva 800 mW, amelyet a napelemes tápegység (MPPT) alakít át, hogy az akkumulátort tölteni lehessen. A 3. ábrán látható a műhold elektronikai felépítése, ahol a piros színnel a melegtartalékolt rendszerek láthatók, míg késsel azokat jelöltük, amelyek csak földi parancsra kapcsolnak be. Ezek közé tartoznak a nem létszükségletű alrendszerek, va-

lamint a kísérletek, ugyanis ezek nem tudnak azonos időben működni, mert együtt túl nagy teljesítményt vennének fel, és lemerítenék az akkumulátort. Ennek elkerülésére áramhatároló kapcsolókat (ÁHK) alkalmaztunk, amelyek automatikusan lekapcsolnak túláram esetén. (3. ábra)

VÁZSZERKEZET

A műhold felépítése követi az előző küldetések koncepcióját, azaz, nincs külön mechanikai tartószerkezete, hanem az elektronikai alkatrészeket hordozó áramköri lemezek alkotják a vázat, a 4. ábrán látható módon. A külső oldalakon látható bemarások tartják stabilan a belső lemezeket, valamint a belső panelek az oldallemezekeken keresztül csatlakoznak egymáshoz, ott

történik az energia és a jelek átvitele tüske-, illetve hüvelysorok segítségével. Ez a megoldás rendkívül hasznos a tesztelés során, ugyanis a rendszer alrendszerei így „plug-n-play”¹ módon működnek, tehát ha csak egy hasznos terhet szeretnénk tesztelni, akkor nem szükséges minden panelt csatlakoztatni. Elég az alapvető funkciókat megvalósító rendszereket (tápegység, fedélzeti számítógép, rádiókommunikációs rendszer), és a tesztelendő alrendszert beilleszteni.

A rádiófrekvenciás kommunikációhoz, illetve mérésekhez használatos antennák megosztott erőforrásként állnak rendelkezésre, amelyeket a felbocsátás során a vázszerkezet köré tekerve, egy rögzítődámit tartott stabilan. A műhold a damilt egy ellenállással megvalósított hőkéssel automatikusan oldotta ki, miután kikerült a podból² az űrbe. Összesen négy antenna található az MRC-100-ason: egy szélessávú mérőantenna, egy UHF (Ultra High Frequency) sávú kommunikációs, egy L sávú (1–2 GHz) GNSS (Global Navigation Satellite System), és egy S sávú (2–4 GHz) patch antenna. Egyedi módon a BME zsebműholdjainak UHF-antennája nem a hagyományos mérőszalagos megoldást alkalmazta, hanem az eszközök kerékpár váltóbowdenből készültek, amely rugalmas, forrasztható és több irányba hajlítható, így optimalizálni lehet a műhold sugárzási karakterisztikáját.

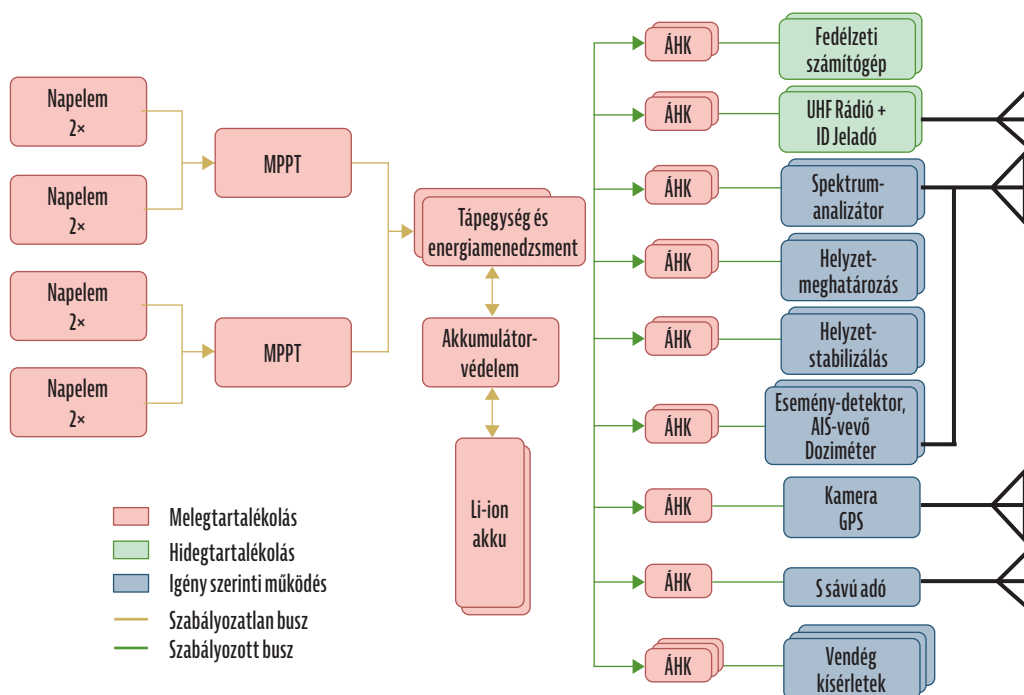
Miután összeállt a műhold szerkezete, az eszközt négy menetes szár segítségével rögzítettük, hogy kiállja a rakétaindítás során fellépő rázkódtást. Felbocsátás után a téglatest alsó, legnagyobb méretű oldalán található csúszóél biztosítja a szabad mozgást a kidobószerkezetben. Itt található a pályára állítást jelző mechanikus végálláskapcsoló. Az időzítőt a kidobást követő jelzés indítja el, amely az automatikus antennanyitást ütemezi.

ELEKTRONIKAI ALRENDSZEREK

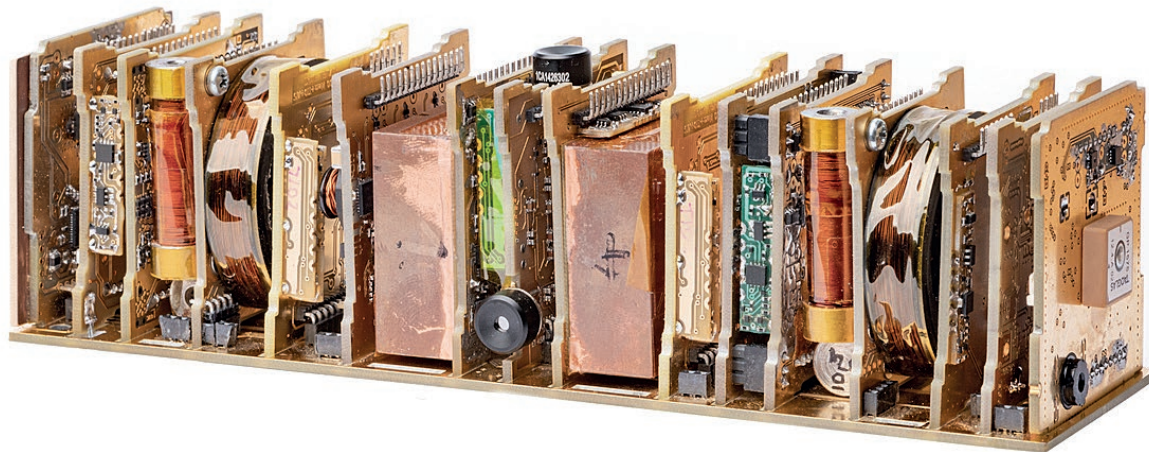
GPS-ES HELYMEGHATÁROZÁS

Manapság már szinte minden mobil eszközben megtalálható egy GPS – Global Positioning System, (pontosabban GNSS – Global Navigation

3. ÁBRA.
A műhold elektronikai felépítése (A szerzők szerkesztése)



1 „plug-n-play” jelentése: dugd be és használd. Funkciója: automatikus hardverfelismerés és -konfigurálás.
2 pod – tok (angol).



4. ÁBRA.
Az MRC-100 belső felépítése
(A szerzők felvétele)

Satellite System), ami annak az általános technológiának a megnevezése, amelynek egyik típusa az amerikai GPS) vevő. Az eszköz segítségével megállapítható, hogy éppen hol tartózkodunk. Nincs ez másként a műholdak esetében sem, azonban a földi vevőkészülékek – sebesség- és magasságbeli korlátozása miatt – nem alkalmazhatóak az űrben, ugyanis a nagysebességű repülő tárgyak biztonsági kockázatot jelenthetnek, különösen, ha éppen egy ballisztikus rakétáról van szó. Emiatt a műholdon is alkalmazható (nem katonai) vevőkészülék beszerzése bár igen nehézkes, de megoldható feladat, amely segít abban, hogy a Rubik-kocka méretű műholdak pályáját jobban megismerjük, és a követést megkönnyítsük.

UHF SÁVÚ TELEMETRIA

Mint a Műegyetemen készült minden eddigi műhold, az MRC-100 is a 70 cm-es hullámsávon sugározza a telemetria adatokat, 436,72 MHz-en. A rádióadóvevő egy kompakt digitális modul (ACSiP S68F), amely képes FSK (Frequency Shift Keying) és LoRa (Long Range) modulációt alkalmazni mind az adás, mind a vétel irányban. Előbbit a spektrum optimális kihasználása érdekében GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) módban használjuk, különböző adatsebességek mellett. Automata módban 6+2 csomagot küld a műhold rendszeresen, amelyek az összes alrendszeréről tartalmaznak alapvető adatokat, mint pl. feszültségek, áramok, hőmérsékletek, szenzoradatok, kommunikációs vonalon található csomag-hibaarány, és még sok más egyéb adat. Minden információhoz tartozik egy időbélyeg is, amellyel ellenőrizhető az adat érvényessége.

A plusz két adatcsomag más szerepet tölt be: az egyik egy vételt szinkronizáló csomag, amelynek modulációja és tartalma minden alkalommal azonos, és ez segít abban, hogy az automatizált földi állomás időzített parancsokat tudjon küldeni a fedélzetre. A másik csomag egy LoRa modulált azonosító, amely a műhold GNSS-koordinátáit sugározza.

PIKOMŰHOLD-AZONOSÍTÁS

A NORAD (North American Aerospace Defense Command) minden 10 cm-nél nagyobb kiterjedésű űrben keringő tárgyhoz rendel egy 9 jegyű azonosítót, amit NORAD ID-nek neveznek. A tárgyakhoz tartozó pályaleíró adatokat a 18th Space Defense Squadron készíti, amelyek alapján az eszközök pályáit azonosítani és követni lehet. Mivel a zsebműholdak méretei gyakran ennél kisebbek, így a hozzájuk tartozó követési adatok (főleg a küldetés elején) pontatlanabbak, mint a nagyobb eszközök esetén. A műholdon található egy rádiós azonosító rendszer, amely egy robusztus jeladóként funkcionál, és lesugározza a GNSS-vevőből kapott koordinátákat, hogy a vett adatokból pontosabb becslést adhassunk a pályájáról, mint amit a NORAD-radarok mérnek. [5] A LoRa manapság egy igen elterjedt modulációs eljárás, amellyel nagy távolságon lehet kommunikálni, alacsony kisugárzott teljesítmény mellett. A technológia nagy előnye, hogy nagymértékben immunis a frekvenciahibára, ezért ideális választás a Doppler frekvenciával terhelt Föld-műhold kapcsolatok esetében. Hátránya azonban, hogy az adatsebesség jelentős mértékben lecsökken, cserébe megnő a modulációs nyereség, és a vevő bemenetén

akár zajteljesítményszint alatti jelszintű csomagok vétele is lehetséges. [5]

SPEKTRUMANALIZÁTOR

Korábban a SMOG-műholdak és az ATL-1 (Advanced Technology of Laser) is végeztek rádiófrekvenciás szennyezettségmérést, amelynek eredményeként 2020-ban elkészült az első elektromágneses szennyezettségi térkép a földfelszíni TV műsorszórá sávjában.

A mérési adatokat a fedélzeten található spektrumanalizátorok biztosították, amelyek egy hardverrádió alapúak. Ezúttal egy jóval nagyobb tartományban végez mérést az MRC-100: az egyik vevő 28 MHz és 1776 MHz között, a másik vevő 2000 MHz és 3120 MHz között működik. Előbbi egy szuperheterodin elvű szoftverrádió, amely a lekevert jelet digitalizálja és analizálja. Az alacsonyabb frekvenciatartományban a keverő az RTL-SDR-ből ismert integrált áramkör, az R820T, a jelfeldolgozást pedig egy RP2040 végzi. [6] Az RTL-SDR a hibrid szoftverrádiók családjába tartozó jellegzetes felépítésű készülék, nevét a Realtek gyártmányú RTL2832U-ról kapta. A felső sávban egy EFR32MG rádiós mikrokontroller található, amely hasonló elven működik, mint a SMOG-műholdak analizátora. [7]

S SÁVÚ ADÓ

Nagy mennyiségű adat letöltésekor szükség van az UHF-sávon megengedettnél nagyobb sáv szélességre, ezért a műhold egyik végén található egy S sávú, 2267,5 MHz-es rádióadó. A redundáns modul patch antennája laboron belül készült, amely 4 dB-es nyereséggel rendelkezik. Az így lesugárzott teljesítmény 30 dBm EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power)

és az elérhető adatátviteli sebesség 100 kbps – 2 Mbps, GMSK modulációval. [8]

A vétel a földi állomáson található 3 m-es parabola antennával történik, amelynek primer sugárzóját egy másik hallgató tervezte. A vett csomagok mennyiségének optimalizálására polarizáció diverziti-t alkalmaz a vevő, azaz két egymásra merőleges polarizációjú antenna veszi a jelet, amelyből utófeldolgozással több csomag nyerhető ki, mint a két antennáról külön-külön. [9]

FEDÉLZETI KAMERA

A GNSS-vevő mellé került egy apró, de nagy felbontású kamera, amelyet eredetileg Raspberry Pi számítógépekhez terveztek, és méretéből adódóan ideális választás a PocketQube műhold fedélzetén történő alkalmazásra. A kamera digitális kimenetét egy RP2040 mikrokontroller dolgozza fel és tárolja el a tömörített képeket, hogy azok később rádióan keresztül sugározhatók legyenek. Az 5. ábrán látható néhány kép, amelyek az űrben készültek az MRC-100 kamerájával. A képek jobb felső részén látható a széles sávú mérőantenna, amely jó indikátora annak, hogy az antennanyitás sikeres volt.

INFRAKAMERA

Kis méretének köszönhetően a műholdon helyet kapott négy darab kis felbontású, de nagy látószögű, a közepes infravörös tartományban működő hőérzékelő is. Ezek összességében a teljes belátható tér mintegy kétharmadát látják, amelybe tehát biztosan belesik a Föld horizontja is, illetve a pálya nappali oldalán igen jó eséllyel a Nap is. A műhold fedélzeti rendszere így a négy szenzor képéből valós időben meg tudja állapítani az eszköz abszolút térbeli helyzetét, hiszen a Föld, illetve Nap iránya már egyértelműen kijelöli ezeket az irányokat. [10] Amennyiben a Nap éppen nem látható, akkor a korábbi adatokból, a műhold forgásából, és opcionálisan más szenzorok adatait kombinálva is egészen pontosan megmondható az orientáció a pálya mintegy fél óras, éjszakai szakaszain. [11] A szenzorrendszer élesztése, valamint a fedélzeti algoritmus finomítása jelenleg is zajlik, így a későbbiekben várhatóan tized fok, vagy akár annál pontosabb nagyságrendben is ismerhetjük a műhold helyzetét.

MÁGNESES HELYZETSTABILIZÁLÁS

Az S sávú antenna irányított patch antennáját adatátvitel során a földi állomás felé kell irányítani a rádiókapcsolat

létrejöttéhez. Ez akkor lehetséges, ha a műhold orientációját irányítani lehet. A mechanikai egyszerűsége és a mozgó alkatrészek hiánya miatt mágneses nyomatékeltetőket építettünk a fedélzetre [12], mivel azok kevesebb energiát fogyasztanak, és kisebb térfogatot igényelnek, mint egy lendkeres vagy fűvókás beavatkozó. Mivel a PocketQube szabvány viszonylag új, még csak kevés számú küldetés került az űrbe, és még kevesebb kapcsolt be sikeresen pályára állítás után. A kategóriában létezik néhány műhold, amelyen található helyzetstabilizátor, azonban eddig egyik sem bizonyult működőképesnek, annak ellenére, hogy nyilvánvalóan szükség van ilyen kis eszközökre.

AIS-VEVŐ

Helyet kapott a fedélzeten egy hardverrádió alapú AIS (Automatic Identification System) vevő is, amely eredetileg egy hajók követésére és azonosítására szolgáló biztonsági rendszer. Műholdas szegmensre akkor van szüksége ennek a szolgáltatásnak, amikor a Föld görbülete miatt, a parttól távol közlekedő hajók jele nem jut el a szárazföldre. A kísérlet azt hivatott megvizsgálni, hogy egy egyszerű és kis méretű vevővel lehetséges-e venni ezeknek a hajóknak a jeleit, amelyeket a műhold később lesugároz. Vételre a spektrumanalizátorral közös antennát használja, amely éppen az AIS 162 MHz-es frekvenciáján rezonáns a maximális jelszint elérése érdekében. [13]

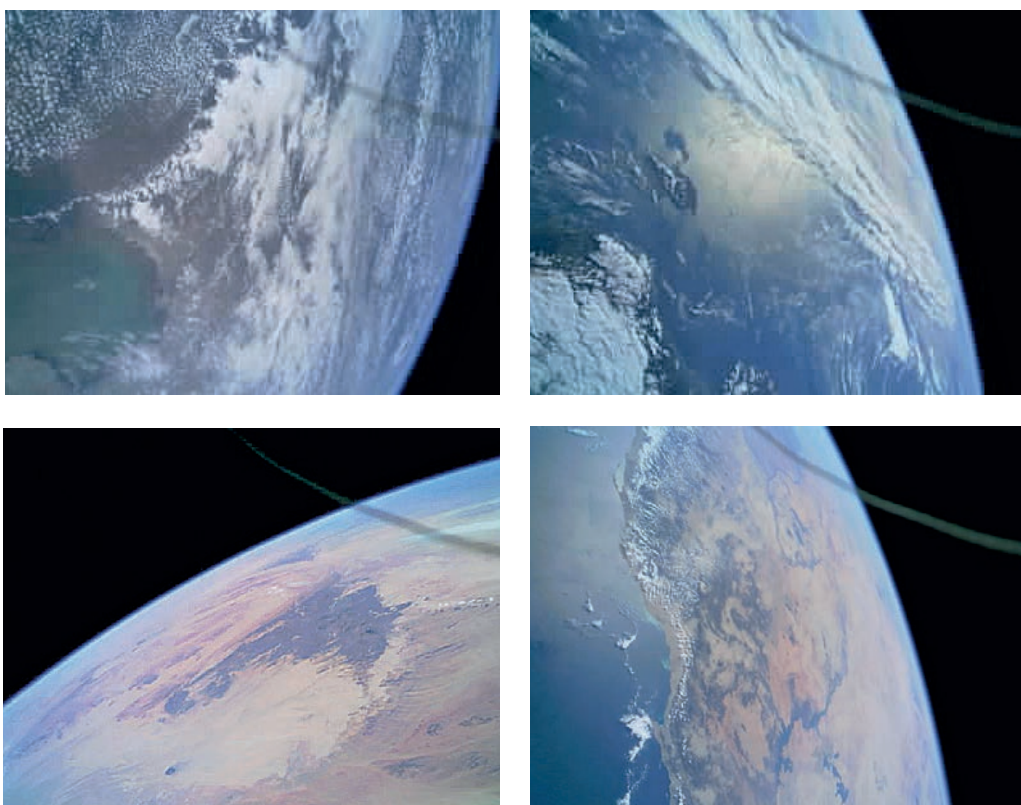
DOZIMÉTER

A SMOG-P és SMOG-1 másodlagos küldetése egy totál ionizáló dózismérő kísérlet volt, amely félvezető alapon adott becslést az ionizáló háttérsugárzás mértékéről az űrben. A kísérlet annyira jól sikerült, hogy a tervező (azóta már végzett mérnök) hallgató elkészítette, és a maximális TRL9 (Technology Readiness Level) szintre juttatta az eredeti áramkör integrált változatát, ami azt jelenti, hogy a működési környezetben bevált a tényleges rendszer, készen áll a teljes kereskedelmi bevezetésre, és ez az eszköz is helyett kapott a műholdon.

EGYETEMI KÍSÉRLETEK

Három magyar egyetem képviselteti magát a fedélzeten: a Szegedi Tudo-

5. ÁBRA.
A Föld és az antenna a fedélzetről nézve
(A szerzők felvétele)



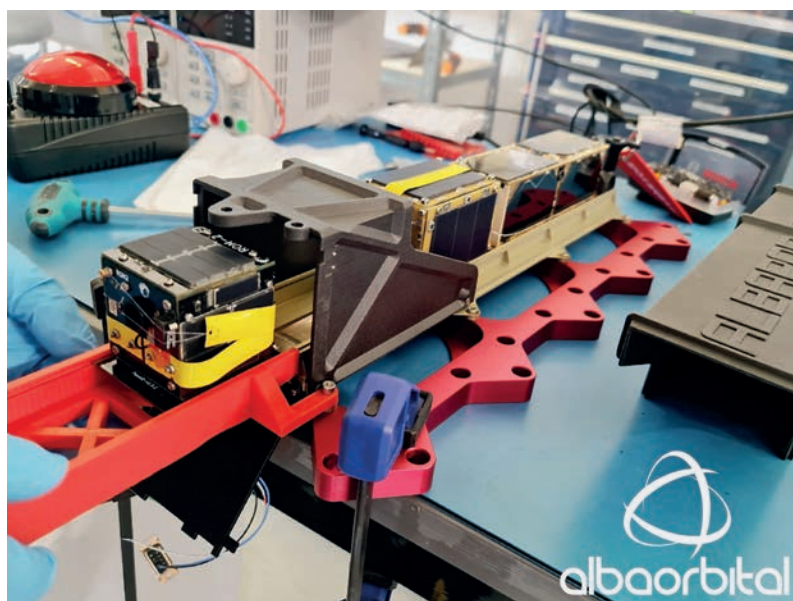
mányegyetem akadémiai és diákmoldjai különböző hőmérsékletmérési módszereket hasonlítanak össze űrbeli körülmények között; a győri Széchenyi István Egyetem kísérlete az alacsony fogyasztású mikrokontrollerek űrbeli működésének vizsgálatára irányul; míg a Debreceni Egyetem egy mikrovezérlő által irányított kísérleti dózismérő eszközt helyezett el a műholdra azzal a céllal, hogy az űreszköz pályája mentén tapasztalható radioaktív sugárzási térről információt szolgáltatson.

INTEGRÁLÁS, START ÉS AZ ELSŐ VÉTEL

Jelenleg három cég foglalkozik üzletszerűen PocketQube műholdak pályára állításával, közülük a skót Alba Orbitalhoz fűződik a legtöbb indítás, nekik köszönhetően került az űrbe a SMOG-P, az ATL-1 és most már az MRC-100 is. Ezúttal a 2023. év elején került az Alba Podba a műhold, amelynek két szomszédja volt induláskor, a ROM-2 és az URESAT-1. (6. ábra) Különleges módon videófelvételen is látható volt, hogy elindul saját útjára az űreszköz, amelyből egy képkockán (7. ábra) látszik a három fényes folt, amelyek közül a legnagyobb az MRC-100.

A sikeres pályára állítás videós megerősítését követően nem sokkal, már a BME műholdvezérlő állomásán is vettük az első jeleket, amelyek igazolták, hogy az antennák sikeresen kinyíltak, így megkezdődhetett a helyes TLE (Two-Line Element) adat sorok azonosítása. A TLE egy pályaleíró adat, amely kétsoros formátumú, és a NORAD földi radarjainak mérési eredményei alapján teszik közzé. A műhold kis méretéből adódóan a kezdeti mérések pontatlanok, így nehéz meghatározni, hogy melyik a legjobb adatsor, azonban ez több vevőállomás összefogásával, a megfelelő belső algoritmus segítségével néhány nap alatt meghatározható. Miután megbizonyosodtunk az optimális TLE-azonosítójáról jeleztünk a NORAD-nak, hogy a műhold nevét rendeljék hozzá a publikus adatbázisban annak érdekében, hogy a többi követő állomás könnyedén azonosíthassa azt.

Fontos megemlíteni, hogy a műegyetemi műholdak mindegyike rendelkezik rádióamatőr engedély-



6. ÁBRA.
Az MRC-100 integrálása az AlbaPodba (Forrás: Alba Orbital Ltd.)

lyel és hívójellel, így az HA100MRC a 436,72 MHz-es rádióamatőr frekvencián sugározza a telemetria-adatokat, amelyek bárki számára szabadon hozzáférhetők akár saját vevőkészülékkel, vagy a műhold weblapján keresztül. [14] Ennek köszönhetően lelkes (nem kizárólag) rádióamatőrök csoportja követi aktívan a műholdat napjában többször, amikor Magyarország felett vonul át, és küldi be a vett, dekódolt adatsomagokat. Ebben segítségükre van a fejlesztőcsapat által készített vevőprogram, a smogcli2 [15], amely elvégzi a jelek demodulálását és az adatok dekódolását, valamint automatikusan korrigálja a keringési sebességből adódó Doppler-frekvenciát is.

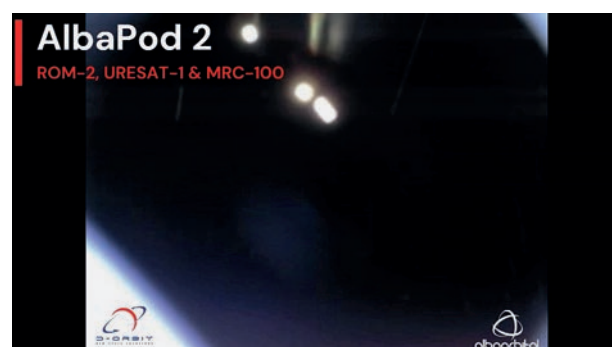
TELEMETRIA VÉTEL

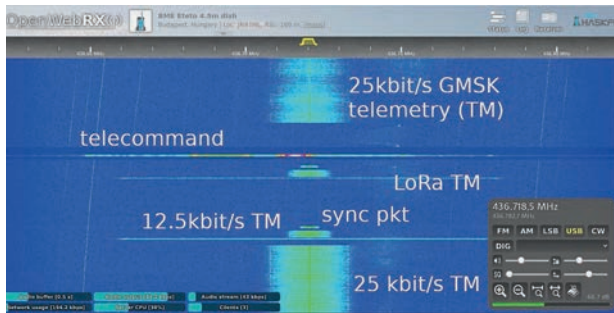
Annak érdekében, hogy a rádiókommunikációs kapcsolat robusztusan működjön, és rossz vételi körülmények között is dekódolható legyen a vett jel, a műholdon változtatható a lesugárzott jel adat-, illetve sávzélessége. A földi állomás parancsára a pálya jellegétől függően megnövelhető vagy lecsökkenthető az adatsebesség (8. ábra), amennyiben jobbak vagy rosszabbak a vételi viszonyok, illetve, ha a fedélzeti számítógép energiamedzsmentje úgy ítéli meg, hogy változtatni kell. A telemetria adatsebességeket úgy választottuk meg, hogy a szoftverrádióból érkező mintákat a smogcli2 vevőprogram tetszőleges adatsebesség mellett, 1250 bps-től akár 50 kbps-ig is képes demodulálni. Ezt úgy éri el, hogy

több szálon futtat minden egyes értékhez tartozóan egy demodulátort, így nem kell előre tudnia, hogy éppen milyen paraméterekkel érkezik az adatsomag. Amennyiben az adott demodulátor talál érvényes csomagot, akkor a kimenetén megjelenik az adat. Továbbá a küldött csomagokat repeat-accumulate hibajavító kódolással látták el, amely 1/2-es kódaránnyal kódolja a biteket, azaz minden egyes adatbithez két kiküldött adatbit tartozik. Ennek köszönhetően 2 dB (azaz a kódolatlan modulációhoz képest 7 dB-lel kisebb) jel-zaj viszony mellett elérhető el a 10^{-5} bithiba arány additív gaussis zajos csatornában. (9. ábra)

Indulása óta a műhold folyamatosan működik, és a Magyarország feletti áthaladások alkalmával képesek vagyunk kommunikálni az eszközzel. Jelen cikk írásakor (2024 február) több, mint 800 ezer vett csomagot küldtek be a vevőállomások a BME szerverére, és a dekódolt adatokat a földi állomás honlapján élőben lehet követni. [14]

7. ÁBRA.
A pályára állítás pillanata (Forrás: Alba Orbital YouTube csatornája)





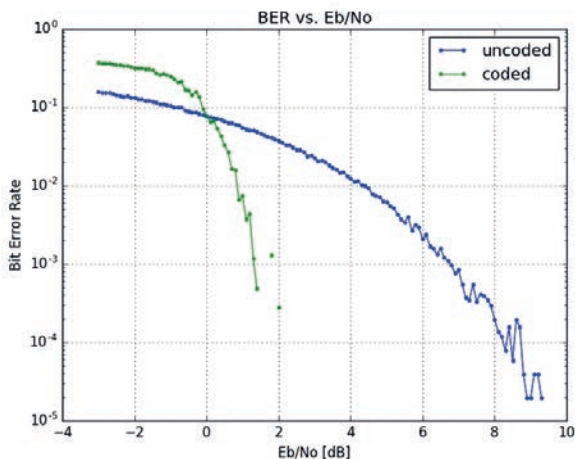
8. ÁBRA. A műhold által szolgáltatott telemetria jelek (A szerzők felvétele)

Az üzemeltetés során több zavarjelenséget tapasztaltunk a műhold koordinált frekvenciatartományában, a vezérlőállomáson. Állandó jelleggel megtalálható 30 kHz-cel a vívőfrekvencia felett az egyik kábeltévé szolgáltató tévéműsorának FM (frekvencia modulált) hangskája. Ez a zavaró tünet valószínűleg a helytelen csatlakozószerezési munka eredménye, amely nyomán a koaxiális kábelek antennaként funkcionálnak, és sugároznak az adott frekvencián. Ez rendszeresen elrontja a vételt, különösen az alacsony elevációs szögek esetében. A hibát orvosolni rendkívül nehéz, mert az egész városban tapasztalható ez a jelenség, és a tévészolgáltatót rákényszeríteni a frekvencia megváltoztatására nehézkes, és hosszú bürokratikus folyamat.

Időnként megjelenik egy szélessávú zavarjel is (10. ábra), amely iránymérés alapján a Gellért-hegyről származik, ahol valószínűleg egy rádiós darukezelő eszköz működik olyan frekvencián, amely átfedésben van a műhold downlink frekvenciájával. A hatóság-hoz történt bejelentés után egy időre megszűnt ez a fajta zavarás, azonban később újra visszatért, szerencsére azonban nem állandó jelleggel.

Egy alkalommal megfigyeltünk FM beszédátvitelt is, ahol valószínűleg

9. ÁBRA. Hibajavító kódoló bithiba görbéje (A szerzők szerkesztése)



HIVATKOZÁSOK

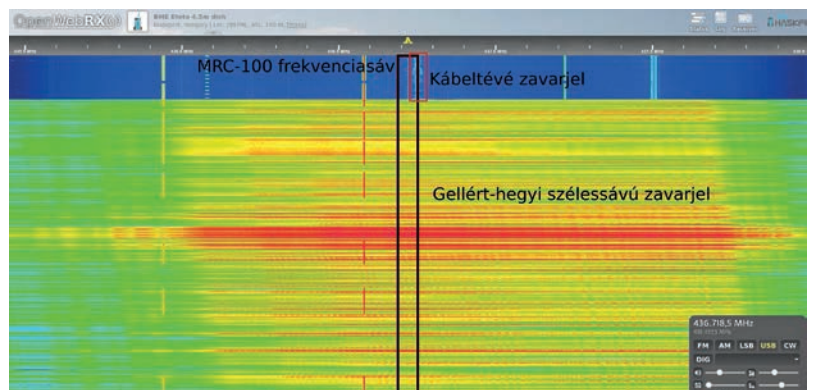
- [1] Horváth, Attila (2021) Nanoműholdak alkalmazhatósága védelmi és biztonsági célú űrműveletekben I. rész. Haditechnika, 55 (6). pp. 26–31. ISSN 0230-6891 <https://doi.org/10.23713/HT.55.6.05>;
- [2] Horváth, Attila (2022) Nanoműholdak alkalmazhatósága védelmi és biztonsági célú űrműveletekben II. rész. HADITECHNIKA, 56 (1). pp. 42–49. ISSN 0230-6891 <https://doi.org/10.23713/HT.56.1.09>;
- [3] Nanosats Database <https://www.nanosats.eu/> <https://www.nanosats.eu/> (Letöltve: 2024.2.7.);
- [4] BME GND Földi Állomás műholdkövetés, vezérlés <https://gnd.bme.hu/> (Letöltve: 2024.2.7.);
- [5] Herman, T., Dudás, L. (2022) „Satellite identification beacon system for PocketQube mission,” 2022 24th International Microwave and Radar Conference (MIKON), Gdansk, Poland, pp. 1–5., <https://doi.org/10.23919/MIKON54314.2022.9924648>;
- [6] Nagy Dominik Gábor. (2022) MRC-100 egyetemi műhold elsődleges hasznos terhe, TDK dolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem;
- [7] Humad, Y. A. I., Dudás, L. (2022) „Extended Wide-band Spectrum Monitoring System from 2.2 GHz to 2.6 GHz by MRC-100 3-PocketQube Class Student Satellite,” 2022 24th International Microwave and Radar Conference (MIKON), Gdansk, Poland, pp. 1–5., <https://doi.org/10.23919/MIKON54314.2022.9924834>;
- [8] Miklós Barnabás. (2022) S sávú adó fejlesztése 3-PQ méretű diákműholdhoz, diplomamunka, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem;
- [9] Bányász László. (2023) Az MRC-100 3-PQ méretű diákműhold S sávú polarizáció diverziti vétele, TDK dolgozat 2023, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem;
- [10] Kapás, K., Bozóki, T., Dálya, G., Takátsy, J., Mészáros, L., Pál, A. (2021) “Attitude determination for nano-satellites - I. Spherical projections for large field of view infrascensors”, Experimental Astronomy, vol. 51, no. 2, pp. 515–527., 2021. <https://doi.org/10.1007/s10686-021-09730-y>;
- [11] Takátsy, J., Bozóki, T., Dálya, G., Kapás, K., Mészáros, L., Pál, A. (2022) “Attitude determination for nano-satellites - II. Dead reckoning with a multiplicative extended Kalman filter”, Experimental Astronomy, vol. 53, no. 1, pp. 209–223., <https://doi.org/10.1007/s10686-021-09818-5>;
- [12] Herman, T., Dudás, L. (2023) „The redundant attitude control system of MRC-100 PocketQube satellite,” 2023 New Trends in Aviation Development (NTAD), Stary Smokovec, Slovakia, pp. 95–99., <https://doi.org/10.1109/NTAD61230.2023.10380140>;
- [13] Herman, T., Dudás, L. (2023) „The Vessel Tracking Experiment of MRC-100 PocketQube Satellite,” 2023 New Trends in Aviation Development (NTAD), Stary Smokovec, Slovakia, pp. 100–104., <https://doi.org/10.1109/NTAD61230.2023.10380150>;
- [14] Az MRC-100 műhold műszerfala. <https://gnd.bme.hu/mrc100status> (Letöltve: 2024.2.7.);
- [15] A smogcli2 weboldala. <https://gitlab.com/phorvath/smogcli2> (Letöltve: 2024.2.7.).

kínai nyelven folyt a kommunikáció. Az áthaladás során, az állomásunk által sugárzott parancsok hatására ellehetetlenült a csatorna szabálytalan használata általuk, így egy idő után már nem lehetett hallani őket.

A MUNKA FOLYTATÓDIK

Nem hagyjuk abba a munkát, és az üzemeltetési feladatokkal párhuzamosan már megkezdődött a következő műhold tervezése, amely szintén egy három egység méretű PocketQube lesz.

Az NMHH-1 projekt a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság támogatásával indult el 2024 elején, a BME és a Széchenyi István Egyetem közös munkájával készül, a Műegyetem vezetése alatt. Célunk egy olyan robusztus és redundáns rendszer építése, amely alkalmas kis méretű tudományos kísérletekhez a szükséges alaprendszerek biztosítására. Az energiaellátást ezúttal nyitható napelemtáblák nyújtják, amelyek nagyobb felületükkel nagyobb teljesítményű fogyasztók használatára biztosítanak lehetőséget. ■



10. ÁBRA. Rádiófrekvenciás zavarjelek az MRC-100 frekvenciáján (A szerzők szerkesztése)



HEGEDŰS ERNŐ*

ADAM-TECHNOLÓGIÁJÚ 3D-S FÉMNYOMTATÁS

9. ÁBRA.
Inconel 718 hőálló
anyagból nyomtatott
rakétahajtómű [25]

II. RÉSZ

TECHNOLÓGIAI JELLEMZŐK ÉS ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEK
A HADIIPARBAN, A HADERŐBEN ÉS A KATONAI LOGISZTIKÁBAN,
KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ UAV-KRA ÉS A KÖNNYŰJÁRMŰVEKRE

A cikk első része¹ az ADAM-technológiájú fémnyomtatás technológiai alkalmazási lehetőségeit ismertette a hadiiparban. A szerző tanulmányában kitért az additív gyártástechnológia e változatára jellemző technológiai jellegzetességekre, előnyökre és hátrányokra, ismertette az alkalmazás egyes példáit az UAV-k és a könnyűjárművek gyártásában. A cikk II. része a 3D-s fémnyomtatási eljárások repülőgépek, UAV-k és rakétahajtóművek gyártásában betöltött szerepét és jövőbeni lehetőségeit vizsgálja, különös tekintettel az ADAM-technológiára.

AZ ADDITÍV GYÁRTÁSTECHNOLÓGIA ELŐNYEI

A fém 3D-s nyomtatás alkalmazásával egyebek mellett összetett geometriák, bonyolult geometriák, csatornák és furatrendszerek, összetett szerkezetű rácsszerkezetek, illetve bennszülött² alkatrészek, zárt cellás struktúrák, összetett geometriák alakíthatók ki. Míg a hagyományos szubsztraktív³ eljárások mellett az ilyen formák csak több munkadarabból állíthatók össze, addig a 3D-s nyomtatással ez csak egyetlen munkafolyamat, így a komplex geometriájú alkatrészek gyártása terén komoly előnyre tett szert ez a technológia.



10. ÁBRA. 3D-s nyomtatott, kis tömegű tartó a repülőiparból a). [26]
Topológiai optimalizálás és rácsszerkezet alkalmazásával a hagyományos tartónál 63%-kal könnyebb repülőipari tartó titánból b) [27]

A folyékony hajtóanyagú rakéta-hajtóművek égéstere, vagy a gázturbinás hajtóművek tüzelőanyag-por-

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

1 A tanulmány első része a Haditechnika folyóirat 2023/6. számában jelent meg (DOI: 10.23713/HT.57.6.13).

2 szétszedhetetlen, szerkezeti elemekre nem bontható alkatrészek.

3 kivonó, lebontó eljárás.



11. ÁBRA.
A topológiailag optimalizált (jobbra) 3D-s nyomtatott Airbus repülőalkatrész tömegét 50%-kal csökkentették (balra: konvencionális tervezési- és gyártástechnológiával előállított alkatrész grafikája) [29]



lasztófúvókái olyan összetett belső furatokat tartalmaznak, amelyek gyártásánál jelentős egyszerűsítést, az alkatrészek számának csökkentését, a gyártás gyorsabb és költség-hatékonyabb megvalósítását segíti elő az additív gyártástechnológia. Mivel ez a gyártási mód lehetővé teszi, hogy – topológiailag optimalizált geometriák létrehozásával, illetve generatív tervezési eljárások alkalmazásával – csak a teherviselő részeket alakítsák ki, és nem maradnak megmunkálási „feleslegek”, alkalmazása a gépelemek fajlagos tömegének csökkenéséhez vezet, amely pl. a repülőipari alkalmazás területén kiemelten fontos. (10.a ábra)

A repülőipar aspektusából elsősorban a tömegcsökkentés szempontja szerint optimalizált additív gyártási technológiák – a topológiailag optimalizált gépelemek, zárt belső cellák – gyártási lehetősége miatt jelentősen az additív gyártástechnológia, amellyel akár 30%-os tömegcsökkentés is elérhető a szilárdságtani paraméterek és a fáradásos jellemzők megtartása mellett. (10.b ábra) Az Airbus vállalatnál EOS nyomtatókkal 2019-től sorozatgyártásban „3D-s nyomtatással készülő alkatrészek könnyebbek lesznek, miközben semmit nem veszítenek szakítószilárdságukból. A nyomtatott alkatrészek 45%-kal könnyebbek, míg az előállításuk 25%-kal olcsóbb, mintha hagyományos eljárással készülneek”. [28] (11.ábra) A rakétahajtómű-gyártás szempontjából az összetett geomet-

riájú belső furatok létrehozása kiemelkedő jelentőséggel bír.

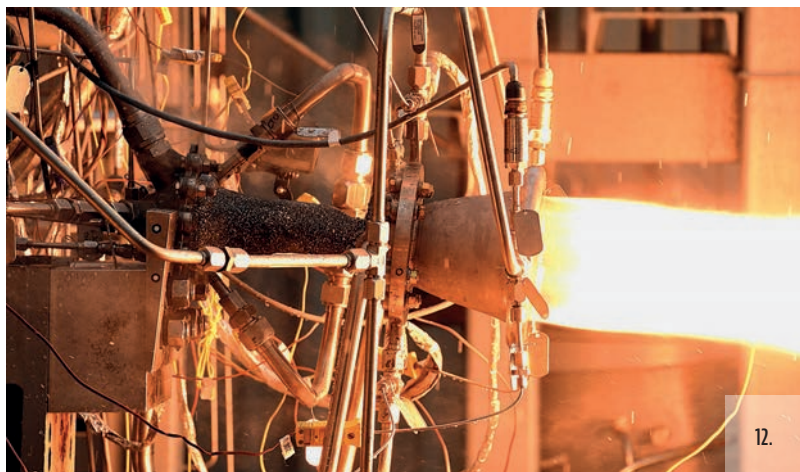
Összességében az additív gyártástechnológia technológiai alkalmazási lehetőségei a hadiiparban és a katonai logisztikában egyaránt jelentősek. [30] [31] [32] Azon belül az ADAM-technológiájú fémnyomtatás – amely más technológiákhoz képest fokozottan alkalmas magas hőállóságú fémek (pl. az ausztenites⁴ nikkel-króm alapú szuperötvözetek csoportjába tartozó Inconel), továbbá alacsony olvadáspontú fémek (pl. réz) illetve zárt belső cellák gyártására – kiemelt szerephez juthat a repülőgépek és rakétahajtóművek 3D-s nyomtatással végzett gyártásában. (A szuperötvözetek – komplex szerkezetű fémötvözetek – rendkívül magas hőálló képességgel rendelkeznek.) A terület dinamikus fejlődésen megy keresztül. [33] Ezt mutatja, hogy 2024. február 27–28-án nemzetközi tudományos konferenciát tartottak a légi- és űripar additív gyártással foglalkozó szereplői Bristolban. [34]

A REPÜLŐGÉP ÉS UAV-ALKATRÉSZEK 3D-S FÉMNYOMTATÁSA

A 3D-s fémnyomtatásnak is vannak technológiai korlátai, illetve olyan, a minőségét befolyásoló problémái, amelynek a megoldásán folyamatosan dolgoznak. [35] Ilyen pl. a fáradással szembeni fokozott érzékenység, vagy a gyártás során létrejött túlhevülés, ezért kiemelten fontos az additív technológiával gyártott fém termékek minőségbiztosítása a

repülésben. [36] Az EOS 3D ipari fémnyomtatók már rendelkeznek olyan minőségbiztosítási tanúsítvánnyal, amelyet a beépített infrakamerára alapoznak. A gyártás folyamata során az infrakamerával, minden legyártott rétegről felvételt készítenek, amelyet elektronikusan tárolnak egy dokumentumban. Az eljárás önmagában ugyan nem garantálja a gyártási hibák vagy a helyi túlmelegedések létrejöttének kizárását, illetve elkerülését, de nyomon követhetővé teszi az adott gyártmány gyártási folyamatát, ezzel garantálva a repülőiparban megkövetelt minőséget, illetve feltarthatóvá teszi a gyártási hibát és kiszűrhetővé teszi a gyártási selejtet. Azonban – a gyártási folyamat adatainak rögzítésén és dokumentálásán túlmenően – a fémnyomtatási hibák valós időben is észlelhetők. A svájci EPFL (École Polytechnique Fédérale de Lausanne) intézet Termomechanikai Fémteni Laboratóriumának mérnökei és kutatói kifejlesztettek egy ehhez szükséges technológiát lézerporágy-olvasztás alapú additív fémtermékgyártáshoz. Alapja a szinkrotron röntgenképzés és az akusztikus felvétel szenzorfüzije, amely rétegenként valós idejű betekintést nyújt a fémnyomtatás folyamatába, megkönnyítve a termék minőségét veszélyeztető hibák – például túlhevülés, feledződés, kiégés, porózus üregek stb., amelyek a végtermékben szerkezeti vagy szilárdsági problémákat eredményezhetnek – felderítését. A röntgenfelvételeken történő mérés érdekében az EPFL olyan rendszert fejlesztett ki, amely megkönnyíti a gyártási eljárás során megolvadt fémbe zajló apró változások láthatóvá tételét. A Paul Scherrer Intézettel (PSI) és a Svájci Szövetségi Anyagtudományi és Technológiai Laboratóriummal (EMPA) közös vállalkozásban az EPFL operatív röntgenképzés kísérleteket és ultraérzékes mikrofonnal akusztikus emissziós méréseket ötvözött. „Az eredmények jelentős hatással vannak a lehetséges ipari alkalmazásokra, különösen az olyan ágazatokban, mint a repülőgépipar mérnöki tevékenységei.” [37]

4 Az ausztenites króm-nikkel acél a rozsdamentes anyagok leggyakrabban használt és legismertebb fajtája kiemelkedő korrózióállósággal, hidegalakíthatósággal és hegeszthetőséggel rendelkezik.



12.

Az amerikai és európai cégek 3D-s nyomtatás-technológiájának repülőipari fejlesztése területén elért eredményei mellett megjegyzendő, hogy már Kína repülőipara is belépett az additív gyártók táborába. „2013-ban nagy áttörést ért el Kína, amikor a repülőgépek öntött titán alkatrészeit megpróbálták 3D-s nyomtatott anyagokkal helyettesíteni. A kivitelező cég az AVIC Laser volt, amely az AVIC Heavy Machinery leányvállalata. Kína felismerte a gyártástechnológia anyagi előnyeit. Az eredeti titán alkatrészek költségeinek csupán 5%-át tesz ki a 3D-s nyomtatott alkatrészek előállítási költségei. Anyagvizsgálati szempontból is kifizetődő volt, hiszen a technológia a nagyméretű strukturális elemek nyomtatását is lehetővé tette titánötvözetből. Jelenleg a cég hét különböző repülőgéptípushoz gyárt alkatrészt az említett forradalmi módszerrel, köztük a Y-20 stratégiai teherszállító repülőgéphez.” [38]

Három évvel később, 2016-ban legyártották a világ egyik legnagyobb 3D-s nyomtatott repülőgép-alkatré-

szét, egy sárkányszerkezeti elemet. Az Airbus, az Autodesk és az APWork kooperációjával kifejlesztettek egy válaszfalat, amely elválasztja a repülőgép utasterét a repülőgép konyhájától. Az utaskísérők felhajtható üléseit szintén ezekre a falra rögzítették. A fal korábban csak igen összetett technológiával volt megtervezhető és legyártható, mivel helyet kellett adnia a vészhelyzet esetére tárolt hordálynak is. A 3D-s nyomtatással bonyolult struktúrák megtervezése immár nem jelentett gondot a cégek számára, így a lézeresen nyomtatott, titánból készült válaszfal jóval könnyebben elkészülhetett. Nemcsak a tervezés gördülékenységét befolyásolhatja a 3D-s nyomtatás, hanem az anyag minőségét és a szerkezet szilárdságát, illetve tömegét is. A legyártott válaszfal közel 50%-kal könnyebb volt, mint a korábbi változatok, ráadásul szerkezetileg erősebb is lett. A csökkentett szerkezeti tömeg környezetvédelmi szempontból is előnyös helyzetbe hozta a 3D-s nyomtatás gyártástechnológiát alkalmazó légitársasá-

gyártót. A tömegcsökkenés ugyanis alacsonyabb üzemanyag-fogyasztást igényel, amely alacsonyabb károsanyag-kibocsátást (CO₂) eredményezett. A gyártó cég az A320-as repülőgépekbe építette be a válaszfalakat.

A modern gázturbinás hajtóművek legmagasabb hőmérsékletnek kitett eleme a turbinalapát, amelyet különlegesen magas olvadáspontú nikkeltötvözetekből – úgynevezett nikk alapú „szuperötvözetekből” – készítenek. Ezeknél körülbelül 10% titánt ötvöznek a nikkellel. A szuperötvözetek legújabb generációi számos további adalelemet – leggyakrabban krómot, molibdént, volfrámot – is tartalmaznak. Ezek az ötvözetek extrém magas hőmérsékleteken is megőrzik a szilárdságukat. Turbinalapátot 3D-s nyomtatással állít elő például az amerikai Sintavia cég. Tipikus hőálló szuperötvözet például az Inconel, amelynek nyomtatása elsősorban ADAM-technológiával valósítható meg.

A repülőgépek gázturbinában alkalmazott üzemanyagporlasztó-fúvókák gyártása terén is jelentős egyszerűsítést értek el additív gyártástechnológiával. A General Electric és a francia Snecma közös vállalata, a CFM International LEAP típusú gázturbinás hajtóművét a GE additív gyártású üzemanyag-fúvókájával szerelik. A CFM International LEAP repülőgép-hajtóműve több mint 6700 darabos megrendeléssel a LEAP a GE egyik legnagyobb gyártási darabszámú gázturbinás hajtóművének számít. 2015-ös megnyitását követően, a GE alabamai Auburn városában létesített gyára a LEAP-hajtóművek tüzelőanyag-befecskendező fúvókáit gyártja. (13.ábra) Fémnyomtatás-

12. ÁBRA. Inconel 625 magas hőszilárdságú anyagból, 3D-s fémnyomtatással készült, kis méretű rakétahajtómű testtüzeme [39]

13. ÁBRA. A GE additív gyártású üzemanyag-fúvókájával szerelik a CFM International LEAP repülőgép-hajtóművét [40]

14. ÁBRA. Additív gyártástechnológiával előállított optimalizált hőcserélő [41]



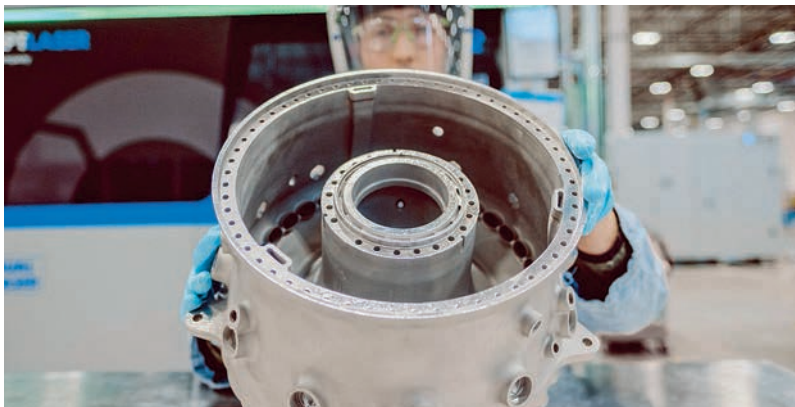
13.



14.

15. ÁBRA.

A General Electric Catalyst turbólégcsavaros gázturbinás hajtómű több mint 800 hagyományos gyártású alkatrészét 12 additív gyártású alkatrészre csökkentették [42]



sal ezeket az egységeket egyetlen darabból készítik el – míg korábban egy ilyen fúvókát közel 20 különálló alkatrészből kellett legyártani, majd összeszerelni. A nyomtatott fúvóka a korábban használtaknál 25%-kal könnyebb, ötször tartósabb, és az előállítás 30%-kal költséghatékonyabb. A hajtómű üzemanyag-fogyasztását – az összetettebb belső furatoknak, csatornáknak és geometriának köszönhetően – mintegy 5%-kal csökkentette az új a 3D-s nyomtatással gyártott fúvóka.

Rendkívül hasznosnak bizonyult a 3D-s fémmnyomatás technológia a repülőgépek és helikopterek összetett furatokkal és csatornákkal rendelkező hőcserélőjének gyártása során is. A helikopter-hőcserélő nyomtatása egyfelől egyszerűsíti a hőcserélő alkatrészeinek gyártását, másfelől javította a kritikus hőterhelésű alkatrészek hőtáradási képességét azáltal,

hogy nagyobb felületű vékony falat tudtak kialakítani. Javult a hőcserélő felület-térfogat aránya, ezzel kedvezőbbé váltak a fajlagos tömegparaméterei is. A megfelelő – levegővel biztosított – hűtés miatt a turbinalapátok bonyolult öntött szerkezetek, amelyekbe belső levegőjáratokat, míg a felületükre ezek kimeneti furatait helyezik el annak érdekében, hogy a kompresszorból odavezetett hideg levegő megfelelően hűtse a lapátok felületét.

Egy konkrét példa: a General Electric cég 3D-s nyomtatott alkatrészekből álló Catalyst légcsvavaros gázturbinájának fémmnyomatott üzemanyag-hőcserélője több száz alkatrész helyett immár egyetlen nyomtatott elemből áll, miközben mérete és tömege is csökkent. A 3D-s nyomtatott hőcserélő áramlási jellemzőiről elmondható, hogy korlátozott belső ellenállás mellett maximalizálja a hőtáradást. Az additív

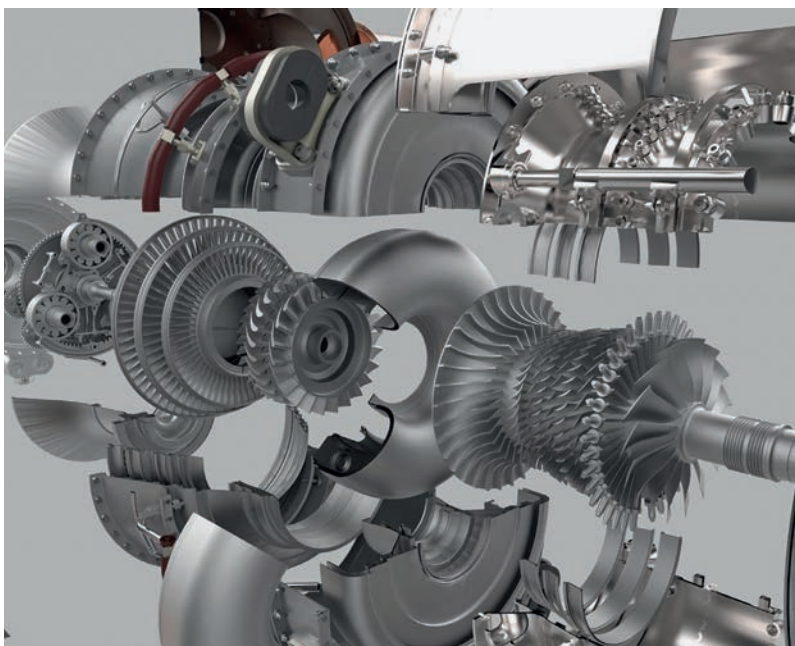
gyártás úgy tette lehetővé a hőcserélő-felületek növelését, hogy eközben a hőcserélő kisebb méretű, ezáltal egyúttal könnyebb is lett. (14. ábra)

A helikopter reduktorának olajhűtését végzi az Advanced Engineering Solutions (AES) által kifejlesztett hőcserélő, amely négyszer jobb hűtési teljesítményt mutat, mint a hagyományos gyártástechnológiával kialakított elődje. Az AES olyan nyomtatott szerkezeti geometriát alkalmazott, amelyet csak additív gyártás révén lehetett megvalósítani. Mérete csak fele akkora, és megnövelt kifáradási élettartammal rendelkezik, mivel egyetlen alkatrészből gyártják (szemben a több forrasztott alkatrészből előállított hagyományos hőcserélőkkel). A hőcserélő belső giroid rácsai a hatékonyabb hőtáradás érdekében maximalizálják a belső felületet.

A repülőgép-hajtóművek – különféle gázturbinák – 3D-s fémmnyomatott szerkezeti elemei is dinamikusan terjednek. A General Electric Catalyst turbólégcsavaros gázturbinás hajtómű a Beechcraft Denali hajtóművének prototípusa 2017-ben készült el. A hajtóművel 20%-kal jobb hatásfokot kívánnak elérni, mint a versenytársak – amit magas kompresszor-nyomásviszonnyal, változtatható állórészlapátokkal, valamint hűtött turbinalapátokkal és 3D-s nyomtatott alkatrészekkel hajtanak végre. (15. ábra)

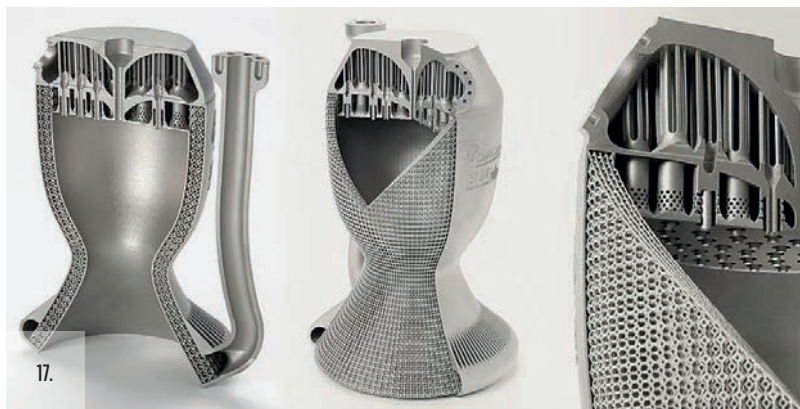
A GE légcsvavaros gázturbinás hajtóműnek több mint 30%-a additív gyártástechnológiával készült. 3D-s nyomtatással hozták létre például a hajtómű fogaskerék-áttételét, valamint az égésteret is. (16. ábra) Az eszköz 969,4 kW (1300 LE) teljesítménnyel, valamint 16:1 teljes nyomásviszonnyal rendelkezik. Ezenfelül a csökkentett tömegből adódóan 15%-kal kevesebb üzemanyagot fogyaszt. A hajtóművet 2018-ban építették be a Textron Aviation vállalat Cessna Denali nevű repülőgépebe. Összességében a General Electric Catalyst turbólégcsavaros gázturbinás hajtómű több mint 800 hagyományos gyártású alkatrészét 12 additív gyártású alkatrészre csökkentették.

Additív gyártástechnológiával – hőálló anyagból – kis méretű mikrogázturbinák is előállíthatók. Összességében nemzetközi példák alapján



16. ÁBRA.

A mintegy harmadában 3D-s nyomtatott alkatrészekből álló GE gázturbina 20%-kal kevesebb üzemanyagot fogyaszt és 10%-kal nagyobb teljesítményre képes, mint a kategóriájába tartozó korábbi hajtóművek [43]



17.

elmondható, hogy a 3D-s fémnymtatás egyidejűleg csökkenti a tömeget és a gyártási költségeket a repülőiparban, miközben az új vizsgálati eljárásokkal képes megfelelni az iparágra jellemző szigorú minőségbiztosítási követelményeknek.

RAKÉTAHAJTÓMŰVEK ALKATRÉSZEINEK 3D-S FÉMNYMNTATÁSA

Kiemelt jelentőségű, hogy a rakétahajtóművek sorozatgyártása milyen bonyolultságú feladatot jelent az ipar számára – illetve a 3D-s fémnymtatás elterjedésével milyen mértékben egyszerűsödik le, illetve válik olcsóbbá a rakétahajtómű-gyártás. Az alábbiakban erre a kérdésre válaszolva sorolunk fel technológiai példákat, figyelemmel kísérve az olyan ADAM-technológiához kötődő megoldásokat, mint pl. a már említett magas hőállóságú „szuperötvözetek” (pl. Inconel) nyomtatása rakétahajtóművek esetében. (17. ábra)

Az Európai Űrügynökség (ESA) és az Ariane Csoport (franciaországi székhelyű, 2015-ben alapított repülőgépipari vállalat, az Airbus és a Safran vegyesvállalata) bejelentette, hogy az együttműködés újabb szakaszába léptek, amelynek során az Ariane Csoport alkatrészeket gyárt az ESA rakétájának kilövéséhez. A Prométheusz rakétahajtómű az ESA Ariane rakétasorozatához készül, amelyet részben 3D-s nyomtatással alakítanak ki, folyékony oxigén és metán működteti. Az együttműködés fontos előrelépés a 3D-s nyomtatás és a rakéatechnológiák fejlődésében, mivel a Prométheusz egy alacsony árfekvésű rakétahajtómű, amelynél a fő fejlesztési cél az, hogy a mai hajtóműveknél – például a 10 millió eurós, 2005-

ös Vulcain 2-nél – tízszer olcsóbb rakétahajtóművet fejlesszenek. [46]

2023. március 8-án a Relativity Space vállalat felbocsátotta a Terran 1 típusú űrrakétáját a floridai Cape Canaveral-i Kennedy Űrközpontból. [47] A 35 méter magas rakéta 85%-a háromdimenziós nyomtatóval készült. A Relativity kifejezetten rakétaépítéshez létesített egy additív gyártóközpontot.

Az ausztrál SPEE3D nyomtatógyártó a SPACE3D projekt során szabadalmaztatott hidegfúvásos (Cold Spray) additív gyártástechnológiájával fémből rakétahajtóműveket nyomtat. A munkához a SPEE3D Cold Spray technológiára fejlesztett Warp printerét használták. Technológiájukkal a fémnymtatási folyamat mintegy százszor gyorsabb, mintha más 3D-s fémnymtató megoldást alkalmaznának. A kinetikus (mozgási) energiával dolgozó hiperszonikus gázsugár fémfelszórási képességén alapuló hidegfúziós megoldással 17,9 kg fémet nyomtattak három óra alatt. [48] A percenkénti 100 g tempóban dolgozó nyomtatóval akár negyven kilós fém alkatrészek is készíthetők.



18.

17. ÁBRA. Inconel 718 anyagú 3D-s nyomtatású rakétahajtómű metszete [45]

18. ÁBRA. Additív gyártástechnológiával előállított kínai Deep Blue rakétahajtómű [49]

Az Orbex űrrepüléssel foglalkozó brit startup bemutatta a Prime Rocket rakétájának második fokozatát, amely jelenleg a világ legnagyobb 3D-s nyomtatással készült rakétahajtóműve. A brit Orbex repülőgépipari vállalat SLM-technológiát és magas hőállóságú nikkelötvözetet használt. A fém 3D-s nyomtatás lehetővé tette az Orbex számára, hogy 90%-kal csökkentse átfutási idejét, és 50%-kal csökkentse költségeit a hagyományosabb gyártási folyamatokhoz, például a CNC-megmunkáláshoz képest.

A Rocket Lab, egy kaliforniai székhelyű repülőgépipari vállalat bemutatta a 3D-s nyomtatással készült Rutherford rakétahajtóművet. A vállalat 2013 óta alkalmaz 3D-s nyomtatást minden repülőhajtómű-alkatrészéhez – beleértve az égéstereket, az üzemanyag-injektorfúvókákat, a szivattyúkat és a tüzelőanyag-szelepeket is. A Rutherford folyékony hajtóanyagú rakétahajtómű hajtja a Rocket Lab Electron rakétáját, amely kompozitokból készül, és akár 225 kg hasznos teher szállítására is képes. A rakétahajtómű alkatrészei Electron

19. ÁBRA. Részben réz alapanyag felhasználásával nyomtatott rakétahajtómű [44]



Beam Melting (EBM) technológiájú 3D-s nyomtatással készülnek.

A Deep Blue Aerospace Kína vezető repülőgépipari vállalatai közé tartozik. A cég a Farsoon FS621M típusú ipari 3D-s nyomtatóját alkalmazza rakétahajtómű 3D-s fém nyomtatására, 2021-től a DBA-M Grass Hopper Jump elnevezésű hordozórakétán. A Thunder-R1 típusú, 20 tonnás tolóerejű, kerozinnal és folyékony oxigénnel működő rakétahajtómű alkatrészeinek több mint 80%-át ezzel a technológiával állítják elő. [50] A rakétahajtómű 780 mm magas, és 550 mm átmérőjű égésterét Inconel hőálló anyagból nyomtatják. (18.ábra) A gyártásfolyamatnál a Farsoon FS621M ipari 3D-s nyomtató integrálásával 3D-s nyomtatással egyetlen darabból képesek előállítani a hagyományos megmunkálással csak

több darabból előállítható égésteret, ezért a rakétahajtómű égéskamráinak sorozatgyártása egyszerűbbé vált annak ellenére, hogy a rakétahajtómű égésterében több száz belső hűtőbordát és csatornát terveztek az égés hatékonyságának elősegítése érdekében. A 3D-s nyomtatás alkalmazása egyúttal lehetővé tette a rakétahajtómű tömegének csökkentését is.

A technológiára komoly jövő vár, mert a rakétagyártás gyakran olyan nyomtatási alapanyagok alkalmazását követeli meg, mint a hőálló Inconel vagy a jó hővezető réz. (19. ábra)

Az újtechnológiára, azon belül a nyomtatott megoldásokra specializálódott amerikai X-Bow (cross-bow) cég a szilárd tüzelőanyagú rakétamotorokat és egy sor, orbitális és szuborbitális pályára egyaránt

alkalmas, kis méretű hordozórakétát fejleszt. Az X-Bow a nyomtatott rakétahajtóművek tervezésére és fejlesztésére összpontosít, mivel azok sokkal olcsóbbak, mint a hagyományos technológiával gyártottak. A cég ügyfélköréhez az amerikai űripar meghatározó szervezetei, például a légierő kutatólaboratóriumai, az AFWERX, a Los Alamos és a Sandia Nemzeti Labor, valamint a Védelmi Kutatási Projektek Ügynöksége (DARPA) tartoznak. [51]

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



HIVATKOZÁSOK

- [25] To DARE Is to Do: How Metal 3D Printing Helps Cool DARE's First Liquid-Fueled Rocket Engine. materialise.com <https://www.materialise.com/en/inspiration/cases/cooling-rocket-engine-metal-3d-printing> (Letöltve: 2020.12.20.);
- [26] Achieve Improved Functionality, Decreased Weight, and Lower Costs. 3Dsystems.com, <https://www.3dsystems.com/aerospace-defense/lightweight-brackets> (Letöltve: 2020.2.1.);
- [27] Case study: A 63% Lighter Titanium Aerospace Part. materialise.com, <https://www.materialise.com/en/inspiration/cases/3d-printed-lightweight-titanium-aerospace-part> (Letöltve: 2020.2.1.);
- [28] 3D nyomtatóval készülnek az Airbus A350-es egyes alkatrészei Az Airbus Helicopters megkezdte az első, 3D nyomtatási technológiával készülő repülőgép-alkatrész gyártását. Airportal.hu, <https://airportal.hu/3d-nyomtatoval-keszulnek-az-airbus-a350-es-egyeb-alkatreszei/> (Letöltve: 2020.2.1.);
- [29] „EOS and Airbus Group Innovations Team on Aerospace Sustainability Study for Industrial 3D Printing” businesswire, <https://www.businesswire.com/news/home/20140204005189/en/EOS-and-Airbus-Group-Innovations-Team-on-Aerospace-Sustainability-Study-for-Industrial-3D-Printing> (Letöltés: 2024.2.23.);
- [30] Gyarmati József. Lánctalpas jármű kormányzása és ennek 3D modellezése Műszaki Katonai Közöny 33. évf. 2023. évi 3. szám pp. 51–61. <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.3.5>;
- [31] Végvári Zsolt. A 3D nyomtatás felhasználási lehetőségei a műveleti logisztikában Katonai logisztika 2023. évi 1–2. szám pp. 177–198. <https://doi.org/10.30583/2023-1-2-177>;
- [32] Gávy György Viktor. Logisztikai járművek alkatrészpótlása 3D nyomtatási technológia alkalmazásával Katonai Logisztika 2023. évi 3–4. szám, <https://doi.org/10.30583/2023-3-4-208>;
- [33] Vég Róbert. A 4D nyomtatás és az okos anyagok alkalmazásának lehetőségei Műszaki Katonai Közöny, 2023. évi 4. szám;
- [34] Additive Manufacturing for Aerospace and Space (defenceiq.com) (Letöltve: 2024.2.1.);
- [35] Rákosi Sára, Sebők István, Szalai Tamás, Vég Róbert László. A 3D nyomtatás biztonságtechnikai és környezetvédelmi aspektusai Katonai Műszaki Közöny 33. évf. 1. sz. pp. 133–148. <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.1.10>;
- [36] Thomas, Daniel J. Preventing the Failure of 3D-Printed Aerospace Components. Journal of Failure Analysis and Prevention volume 22, pp. 865–867. (2022) <https://doi.org/10.1007/s11668-022-01379-9> (Letöltve: 2024.2.1.);
- [37] Listening For Additive Manufacturing Defects In Real Time. metrology.news, <https://metrology.news/listening-for-additive-manufacturing-defects-in-real-time/> (Letöltve: 2023.12.12.);
- [38] Szűcs Viktor, Gajdács László. A 3d nyomtatás lehetőségei a repülőgépiparban. Repüléstudományi Közlemények, 32. évfolyam (2020) 2. szám pp. 97–104. <https://doi.org/10.32560/rk.2020.2.7>;
- [39] Gradl, Paul R., Christopher S. Protz, John C. Fikes, David L. Ellis, Laura J. Evans, A. Clark, Sandi G. Miller and Tyler B. Hudson. „Lightweight Thrust Chamber Assemblies using Multi-Alloy Additive Manufacturing and Composite Overwrap.” AIAA Propulsion and Energy 2020 Forum (2020): n. pag. <https://doi.org/10.2514/6.2020-3787> (Letöltve: 2024.2.7.);
- [40] <http://hu.insta3dp.com/info/manufacturing-tool-kit-for-the-aerospace-and-d-63483233.html> (Letöltve: 2020.2.1.);
- [41] Heat exchangers. 3Dsystems.com, <https://www.3dsystems.com/aerospace-defense/heat-exchangers> (Letöltve: 2020.2.1.);
- [42] Hurm, Nick, Turbo Props: GE's Catalyst engine wins award for 3-D design <https://blog.geaerospace.com/technology/turbo-props-ge-catalyst-engine-wins-award-for-3-d-design/> (Letöltve: 2024.2.5.);
- [43] Forrás: <https://images.planeandpilotmag.com/wp-pandp/2021/02/21190633/Screen-Shot-2021-02-16-at-11.23.29-AM-1536x1208.png> (Letöltve: 2020.2.1.);
- [44] Forrás: <https://www.fabbaloo.com/news/design-of-the-week-copper-aerospike-rocket-engine> (Letöltve: 2020.6.4.);
- [45] SLM fémnyomtatás: egy darabból gyártott rakétahajtómű égéster. FreeDee, <https://www.freedee.hu/slm-femnyomtat-as-egy-darabbol-gyartott-raketahajtomu-egester/> (Letöltve: 2022.6.2.);
- [46] 3D nyomtatással készül az Európai Űrügynökség új rakétája. https://freedee.blog.hu/2017/12/20/3d_nyomtatással_keszul_az_europai_urugynokseg_uj_raketaja#more13511709 (Letöltve: 2024.2.5.);
- [47] Belák T. Nem sikerült a 3D nyomtatott rakéta kilövése. index.hu <https://index.hu/techtud/2023/03/23/nem-sikerult-a-3d-nyomtatott-raketa-kilovese/> (Letöltve: 2023.3.15.);
- [48] The World's Fastest Metal Parts Using Cold Spray Supersonic Particle Deposition. spee3D <https://www.spee3d.com/the-worlds-fastest-metal-parts-using-cold-spray/> (Letöltve: 2022.6.6.);
- [49] Listek, V. China's Deep Blue Aerospace Uses Farsoon Large Format Metal 3D Printing to Build Rockets. 3Dprint.com, <https://3dprint.com/294434/chinas-deep-blue-aerospace-uses-farsoon-large-format-metal-3d-printing-to-build-rockets/> (Letöltve: 2022.9.23.);
- [50] Deep Blue Aerospace deploys Farsoon metal 3D printing technology for rocket combustion chamber manufacture. AM Chronicle, <https://amchronicle.com/news/deep-blue-aerospace-deploys-farsoon-metal-3d-printing-technology-for-rocket-combustion-chamber-manufacture/> (Letöltve: 2022.9.24.);
- [51] Rakéta 3D nyomtatással. freedee.blog.hu, https://freedee.blog.hu/2022/04/07/raketamotorok_3d_nyomtatással#more17787910 (Letöltve: 2022.4.7.).



BALLA JÁNOS*

DASSAULT FALCON 7X

ÖSSZEFOGLALÁS: A francia Dassault Aviation által gyártott, első felszállását 2005-ben teljesítő Falcon 7X típusú repülőgép volt az első teljesen fly by wire [1; 8. o.] rendszerű digitális repülésvezérlő rendszerrel ellátott üzleti repülőgép. Ez a megoldás mérföldkőnek számított mind a Dassault Aviation életében, mind a business jetek világában. Mindez a fejlesztések hosszú sorozatának köszönhető, amelynek eredménye a 21. század egyik meghatározó business jet kategóriájú repülőgépe lett. Ezt a típust széles körben alkalmazzák az egész világon, többnyire a polgári repülésben, de számos országban a katonai flotta erősítéseként is. A Magyar Honvédség vitéz 101. Szentgyörgyi Dezső Repülőandár 2 db Falcon 7X típusú repülőgépet üzemeltet.

KULCSSZAVAK: Falcon 7X, Dassault Aviation, digitális repülésvezérlő rendszer, Magyar Honvédség

ABSTRACT: Falcon 7X is manufactured by the French Dassault Aviation, which performed its first flight in 2005 was the first business jet fully equipped with fly by wire digital flight control system. That is considered to be a milestone in the life of Dassault Aviation and in the world of business jets as well. This achievement is the result of a long series of developments, which has become the benchmark of the 21st century in business aviation. This type of aircraft is widely used around the world, mostly in civil aviation, but in some countries it also strengthens the military fleet. In the Hungarian Defense Forces the Aviation Air Wing at Kecskemét operates two Falcon 7-s.

KEYWORDS: Falcon 7X, Dassault Aviation, business jet, fly by wire, Hungarian Defense Forces

A TÍPUS ELŐZMÉNYEI

A Dassault Falcon típuscsalád története 1963-ban kezdődött, tehát immár több mint 60 éves múltra tekint vissza. Abban az évben repült először a Falcon 20, amely a Dassault Aviation első kifejezetten üzleti célra készült repülőgépe volt. [1; 8. o.] A Falcon 20 építésénél felhasználták a gyártó korábbi katonai gépeinek tervezésénél és építésénél alkalmazott elveket is. A későbbiekben pedig ez lett az alapja a teljes Falcon típuscsaládnak is. [1; 8. o.] A Dassault Aviation az üzleti repülőgépek gyártása mellett a katonai

területen is meghatározó szereplő, a jelenleg is alkalmazott típusai közül a legismertebbek a Mirage 2000, valamint a Rafale. A Falcon 20-ast a Falcon 10 követte 1970-ben. A későbbiekben e két típus továbbfejlesztése volt a Falcon 100 és a Falcon 200. E változatokban a pilótafülkében a hagyományos analóg műszereket és kijelzőket már felváltották az elektronikus eszközök. [1; 8. o.] 1976-ban teljesítette első repülését a Falcon 50, amelyet már 3 hajtóművel szereltek fel (a középső hajtóműnél úgynevezett „S” szívócsatornával. Ez a kialakítás jól megfigyel-

hető a későbbi Falcon típusokon is, egészen a Falcon 8X-szel bezárólag). Az 50-es változat volt a Falcon típuscsalád első olyan repülőgépe, amely transzatlanti utak végrehajtására is alkalmas. [2] Ennél a típusnál alkalmazta a gyártó először a szuperkritikus szárnyat (ezzel a szárnyprofil és szárnynyílás alkalmazásával a légellenállás jelentősen csökken, illetve nagyobb sebesség érhető el). Ezt a megoldást később adaptálták a Falcon 900-as és a 2000-es repülőgépekre is. [1; 8. o.]

1984-ben teljesítette első repülését a business jetek között elsőként 3D-s digitális tervezés segítségével megalkotott Falcon 900 típus. [1; 8. o.] Ez a repülőgép a Falcon 50-es továbbfejlesztett változata volt, és ennél a típusnál már alkalmaztak kompozit anyagokat a sárkányszerkezet bizonyos elemeihez. [3] Ezután következett 1993-ban a Falcon 2000, amely mindemellett, hogy a Dassault legkiválóbb repülőgépe volt a piacon, ez volt az első olyan business jet, amelyben alkalmazták az ún. head up display-t (homloküveg kijelző). [1; 8. o.] A Falcon 900 továbbfejlesztett változatai a Falcon 900EX EASy (Enhanced Avionics System for Falcon) (2002) és a 900LX (2010). A 900EX EASy esetében az újítás a módosított és továbbfejlesztett avionikus rendszer volt, digitális grafikus kijelzéssel. A 900LX esetében növelték a repülőgép hatótávolságát, a szárnyakat módosították, winglettekkel¹ szerelték fel, valamint tovább-

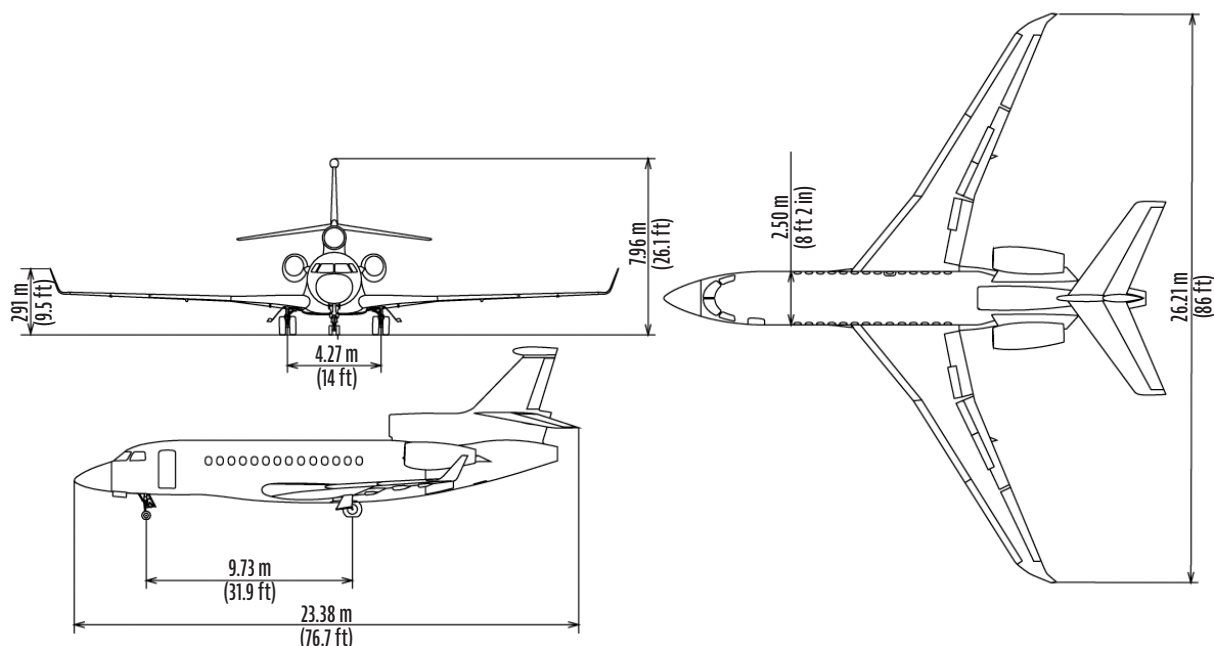
1. ÁBRA.
A Magyar Honvédség 607-es oldalszámú Falcon 7X repülőgépe
(Forrás: Shutterstock)

* Balla János százados, MSc, MH vitéz Szentgyörgyi Dezső 101. Repülőandár, üzemeltető mérnök tiszt. ORCID: 0009-0005-2284-4153

1 Wingleet – felhajlító szárnyvég, rendeltetése, hogy csökkentse a szárny indukált ellenállását, ezáltal kevesebb legyen a tüzelőanyag-fogyasztás.



2. ÁBRA.
A Falcon 7X
méretei (A szerző
szerkesztése a [6]
alapján)



1. TÁBLÁZAT.
A Falcon 7X/8X főbb
repüléstechnikai
és műszaki
jellemzői (A szerző
szerkesztése a [6] [7]
[8] alapján)

fejlesztették az orrsegédszárnyakat is. [1; 8. o.] A Falcon 2000 típus fejlesztése során a 900-asnál alkalmazott megoldásokat vették alapul. A 2000S-nél (2011) és a 2000LXS-nél (2013) is a hatótávolságot növelték, illetve a szárnyakat módosították.

A Falcon típuscsaládban egy, a harci repülőgépek tapasztalataira épülő folyamatos továbbfejlesztésnek lehetünk tanúi. Ezek eredményeként lett a 21. század elejének egyik meghatározó business jet kategóriájú repülőgépe a Falcon 7X, amely elő-

ször 2005-ben szállt fel. Kiemelendő, hogy ez az első üzleti repülőgép, amelyet teljesen fly by wire² digitális repülésvezérlő rendszerrel láttak el. [1; 8. o.] A pilótafülke kialakítását tekintve az ún. „glass cockpit” elvet alkalmazták, azaz hagyományos analóg műszert egyáltalán nem alkalmaznak a pilótafülkében, csak digitális kijelzőket működtetnek, amelyek 4 db monitoron mutatják az információkat. (3. ábra) Emellett törekedtek az egyszerűsége a kezelőfelületek használatakor is, a fej fölötti (nyomógombos) paneleken jól áttekinthető a különböző rendszerek. A típus megalkotásakor a megbízhatóság és hatékonyság növelése mellett alapvető cél volt a repülőgép könnyű kezelhetősége, ezáltal a pilóták terhelésének csökkentése, továbbá a hatótávolság növelése gazdaságos tüzelőanyag-fogyasztás és alacsony károsanyag-kibocsátás mellett, és természetesen az utaskomfort legmagasabb szintű biztosítása.

A repülőgép elemeinek és alkatrészeinek nagyobb részét a Dassault Aviaton különböző franciaországi telephelyein gyártják, de bizonyos szerkezeti elemeit az USA-ban. Ez utóbbiakat később Franciaországba szállítják. A futóműveket a Safran

Variáció	7X	8X
Teljesítményadatok		
Utaslétszám [fő]	12–14	12–14
Hatótávolság (8 utassal) [km]	11 019	11 945
Maximális sebesség [km/h]	953 (Mach 0,9)	953 (Mach 0,9)
Maximális repülési magasság [m]	15 545	15 545
Felszállási úthosszúság (tengerszinten, NEL ³ és maximális felszállótömeg figyelembevételével) [m]	1740	1792
Leszállási úthosszúság (normál leszállótömeg figyelembevételével) [m]	630	677
Leszállási sebesség (normál leszállótömeg figyelembevételével) [km/h]	198	198
Hajtóművek és avionika		
Hajtómű	3 db Pratt & Whitney Canada PW307A	3 db Pratt & Whitney Canada PW307D
Segédhajtómű	Honeywell GTC36-150(FN)	Honeywell GTC36-150(FN)
Avionika	EASy II Flight Deck	EASy IV Flight Deck
Tömegadatok		
Maximális felszállótömeg [kg]	31 751	33 113
Maximális leszállótömeg [kg]	28 304	28 304
Maximális tüzelőanyag-kapacitás [kg]	14 488	15 940

2 „fly by wire” (szó szerinti fordításban: „repülj vezetékkel”) – olyan repülésvezérlő rendszer, amelyben a repülőgépek kormányfelületeinek és szárnymechanizációs eszközeinek vezérlése a hagyományos mechanikus működtetés helyett elektronikus kezelőfelülettel és számítógépes modulok segítségével valósul meg.

3 A NEL (Nemzetközi Egyezményes Légkör) alapján tengerszinten a levegő hőmérsékletét 15°C-nak, nyomását 101325 Pa-nak tekintjük.

Landing System (korábbi Messier-Bugatty-Dowty) gyártja, az avionika és a segédhajtómű az amerikai Honeywellnél készül, a hajtóművek a kanadai Pratt & Whitney Canada cég termékei. (A Falcon típuscsaládnál a 2000-es típustól kezdve, egészen a 6X-ig bezárólag a Pratt & Whitney Canada által gyártott hajtóműveket alkalmazták.)

A Falcon 7X-et a 2001-es párizsi légi parádén mutatták be, az első felszállása 2005. május 5-én történt, azt követően a típus 2007. június 15-től állt forgalomba. [4] A 7X továbbfejlesztett változata és egyben altípusa⁴ a Falcon 8X, amely ez első felszállását 2015-ben teljesítette, és 2016 óta széles körben alkalmazzák). [1; 8.o.] A forgalomba állítástól 2023-ig, az összesen 391 db repülőgépet számláló 7X/8X flotta összesített repülési ideje meghaladja az 1 millió repült órát és a 450 000 repülési ciklust⁵, mindez 99% fölötti rendelkezésre állással, amely bizonyítja a típus megbízhatóságát. [5; 6.o.] A repülőeseményeket vizsgálva, ugyancsak kiválóan teljesített a 7X, hiszen üzembe helyezése óta nem szenvedett katasztrófát a típus. A repülés közben történt legkomolyabb eseményt 2011. május 11-én jegyezték fel Malajziában. A repülőgép röviddel a felszállás után a pilóták beavatkozása nélkül, spontán, kényszer emelkedésbe kezdett. Szerencsére a pilóták vissza tudták nyerni az irányítást a repülőeszköz fölött, visszafordultak, majd további eseménytől mentesen leszálltak. Az esetet követően a kivizsgálás befejezéséig a teljes flottára repülési tilalmat rendeltek el. [10] [11] [12] [13] A vizsgálat szerint az eseményt a vízszintes vezérsík automatikus mozgását vezérlő elektronikus modulban lévő gyártási hiba okozta. [14; 46.o.]

A FALCON 7X FŐBB JELLEMZŐI

A repülőgép főbb geometriai méreatait az 2. ábra szemlélteti, míg az 1. táblázat alapján összevethetők a Falcon 7X és a 8X típusok alapvető repülési és technikai jellemzői.

A teljesítmény- és tömegadatok alapján látható, hogy nincs szignifikáns különbség a 7X és a 8X típus

között. Az utóbbi esetében a törzs hosszúságát növelték meg, ezzel is javítva az utasok komfortérzetét. Emellett végeztek módosításokat a szárnyon is, és nőtt a beépített hajtóművek tolóereje. A cél a még nagyobb hatótávolság elérése volt a gazdaságosság fenntartása mellett. A repülőgép utaskabinjának berendezését tekintve nincsen fix konfiguráció, a kabinbelsőket modifikálhatók, kialakításuk a felhasználó igényei szerint variálható. A Falcon 7X repülőgép személyzete: 2 fő pilóta (kapitány és elsőtiszt, vagy másodpilóta), továbbá a fedélzeten 1 fő utaskísérő teljesít szolgálatot. Katonai alkalmazás esetén a személyzet kiegészülhet 1 fő fedélzeti technikussal.

A repülőgép hagyományos sárkány- és futómű-elrendezésű, alsó szárnyas, két főtartós, erősen hátranyilazott félszárnyakkal épített típus.

A törzs és a szárny fémépítésű, héjszerkezet kialakítású (monocoque-típus konstrukció) [6]. A szárnyvégeken wingleteket helyeztek el, a szárnyban kaptak helyet a tüzelőanyag-tartályok és a főfutómű-gondolák is. A vízszintes vezérsík más business jetekre jellemző T elrendezéssel szemben (pl.: Embraer Legacy, Gulfstream), a Falcon típuscsaládra jellemző módon a függőleges vezérsík alsó részéhez csatlakozik, negatív V beállítású. A hajtómű-gondolák a törzs végén találhatóak, a középső hajtómű a törzs hátsó részében kapott helyet.

A REPÜLŐGÉP SZERKEZETI ANYAGAI ÉS ELEKTROMOS RENDSZEREI

A repülőgép szerkezeti anyagai között, a típusnál már jelentős mértékben alkalmaztak kompozit anyagokat, elsősorban a wingleteknél, a csűrők-nél, a félszárnyaknál, a törzs külső borításánál, az orrkúpnál és a szélső hajtóművek gázkivezetőjénél. A törzs túlnyomós részei a következők: az orrkúp, a pilótafülke és az utaskabin, valamint a gép hátsó szekciójában található csomagtér. A repülőgép légkondicionáló és túlnyomásrendszere mind felépítését, mind a működését tekintve rendkívül összetett és bonyolult, ugyanakkor nagyon hatékony is. A kabin hőmérsékletének és nyomásának szabályozása biztosítja a megfelelő komfortérzetet. A nyomás-szabályozás finomságát jelzi, hogy az utasok még intenzív emelkedés közben sem éreznek kellemetlen fülpatogást vagy füldugulást.

A repülőgép 28 V-os egyenáramú rendszerrel működik (ez szükséges az elektromos és avionikai berendezések működtetéséhez), amelynek táplálását a három fő-, valamint a segédhajtómű generátorai, illetve a földi áramforrás (GPU – ground power unit) biztosítja. Vész helyzetben – például, ha teljesen megszűnik az elektromos táplálás, leáll mindhárom hajtómű vagy meghibásodik az összes generátor – a törzs elejében rendelkezésre áll egy áramfejlesztő turbina, amelyet használatkor ki lehet



3. ÁBRA.
A Falcon 7X
pilótafülkéje [23]

4 A Falcon 8X a Falcon 7X M1000 számú modifikációja.

5 Repülési ciklusnak számít egy fel- és leszállás, illetve a „touch and go” (futópálya érintésével, megállás nélküli átstartolás) is.

engedni a törzsön kívülre. Ekkor a torlónyomás megforgatja a turbinát működtető kétlapátos légcsavart (Ram Air Turbine – RAT), amely egészen a leszállásig biztosítja a repülőgép elektromos táplálását. Az utaskabin elektromos, szórakoztató és kényelmi rendszerének energiaforrása váltóáram, amelyet 28 V egyenfeszültség átalakításával biztosítanak, és a megrendelő igényeitől függően lehet 110 vagy 230 V-os.

Az avionikai rendszerek feladata – a pilótfülkében történő digitális képi megjelenítéstől kezdve, a repülési adatok elemzésén át az automatikus repülésvezérlésig (robotpilóta) – rendkívül összetett. A rendszer irányítását és ellenőrzését két moduláris avionikai egység (modular avionics unit – MAU1 és MAU2) végzi, amelyeket több különböző számítógépes modul alkot. Ezek mindegyike dedikált feladattal rendelkezik, úgymint: grafikus megjelenítés, tápforrás, repülési adatok elemzése, modulok és rendszerek közötti kommunikáció. (A digitális kommunikáció és az adatátvitel az ASCB, az ARINC 429, illetve az RS 422 szabványok alkalmazásával valósul meg.)

Az automatikus repülésirányító rendszer két alrendszerből épül fel: az egyik az automatikus repülésszabályozó rendszer, míg a másik az automatikus hajtóművezérlő kar (gázkar v. tolóerő-szabályzó). Ezen rendszerek hatékony működése könnyen kezelhetővé teszi a repülőgépet, amely jelentősen segíti a pilóták munkáját is.

A kommunikációs rendszerrel az avionikai rendszerhez hasonlóan moduláris kialakítást (moduláris rádióegység – modular radio cabinet – MRC) alkalmaztak. Itt is két egység található, amelyekbe különböző kommunikációs és navigációs modulokat építettek be. A klasszikus hangalapú kommunikációs berendezések mellett a repülőgép adatkommunikációra is képes, amely például a tengerentúli repülések végrehajtásához elengedhetetlen.

A REPÜLŐGÉP TÜZELŐANYAG-RENDSZERE

A tüzelőanyag-rendszer maximális kapacitása 14 488 kg tüzelőanyag [6], amelynek tartályai a szárnyakban, illetve a törzs alsó részében található. A rendszer, a hajtóművek tüzelőanyag-gal történő táplálása mellett természetesen

alkalmas a hajtóanyag átemelésére a különböző tartálycsoportokból többek között olyan esetben, amikor a jobb és a bal oldal között mennyiségi különbség adódna. Érdekeség, hogy míg a 7X-en a kiegyensúlyozást manuálisan kell működtetni, addig a 8X-en ez már egy beépített funkció, a megfelelő kezelőgomb megnyomása után a rendszer automatikusan végrehajtja. A flotta eddigi üzemeltetési tapasztalatai alapján elmondható, hogy a tartályok, konstrukciójuk miatt hajlamosak a gombásodásra, amely hosszabb távon korróziót okoz. Ennek kiküszöbölésére a gyártó külön megelőző programot hozott létre, amely része a repülőgép karbantartási programjának. Minden éves nagy karbantartás (12 hónap vagy 800 repült óra után) része a tüzelőanyag-tartályok endoszkópos vizsgálata, az eredményének értékelése, majd a feltárt szennyeződés eltávolítása az előírt tisztítási eljárással.

A REPÜLŐGÉP HIDRAULIKA-RENDSZERE

A hidraulika-rendszer feladata a különböző fogyasztók táplálása, így a fékek, a kormányzervek és a szárnymechanizációs berendezések munkahengereinek működtetése, a futóművek behúzása és kiengedése, valamint az orrkerekek kormányzása. A repülőgépet három független hidraulika-rendszerrel látták el („A”, „B” és „C” rendszer), amelyek nyomásforrásai a hajtóművekre szerelt kényszermeghajtású szivattyúk. Kiegészítésül egy elektromos szivattyút is telepítettek, amellyel repülés közben a „B” rendszer táplálható, továbbá a földön, karbantartási, javítási célból az „A” rendszer is.

A megbízhatóság növelése érdekében bizonyos fogyasztók (például a csűrők és az oldalkormány többszörözött munkahengerei) táplálása több különböző rendszerről történik. Így az egyik rendszer vagy munkahenger meghibásodása esetén a másik által táplált munkahenger veszi át a kormányzerve mozgatását. Mivel az áramlászó lapok (spoiler) mozgatását csak a „C” hidraulika-rendszer végzi, ezért az még külön tartalmaz egy vészhelyzeti tápforrást, amely egy elektromos szivattyúból és egy hidraulika-akkumulátorból áll.

A REPÜLŐGÉP IRÁNYÍTÓ RENDSZERE

A repülésirányítási rendszer (Flight Control System – FCS) működésének átfogó ismertetése meghaladja a publikáció terjedelmi kereteit. Ez a típus volt az első business jet, amelyet „fly by wire” rendszerrel alkottak meg. [1; 8. o.] A repülőgép kormányfelületeinek és szárnymechanizációs eszközeinek vezérlése a hagyományos mechanikus mozgatás helyett elektronikus kezelőfelületek, vezeték (adatbuszok) és számítógépes modulok segítségével történik. Ily módon a pilóta és az adott külső kormányzerve között nincs közvetlen mechanikai kapcsolat. Mivel ez a szegmens kiemelten fontos, így a repülőgép többszörösen biztosított, négycsatornás FCS-rendszerrel rendelkezik. A négy modulból kettő számára az elektromos táplálást a hajtóművekre felépített, külön erre a célra szolgáló, váltóáramú generátorok szolgáltatják, a másik két modul pedig az elektromos rendszer hozzá tartozó elosztóegységéből nyer energiát. Mivel az elektromos rendszer 28 V egyenárammal működik, így a fly by wire generátor által termelt váltóáramot is átalakítják, mielőtt táplálná a hozzá tartozó modult. A négycsatornás rendszer lehetővé teszi a beérkező adatok megfelelő minőségű szűrését, és a hibák kiküszöbölését. Az üzemeltetési tapasztalatok is igazolják a rendszer hatékony és megbízható működését. Olyan eset természetesen előfordul (szerencsére az is a ritka meghibásodások közé sorolható), hogy egy bizonyos FCS-modul meghibásodik, és ki kell cserélni. A többszörös biztosítás miatt azonban az egyik modul meghibásodása esetén, egy másik automatikusan átveszi annak feladatait, így a személyzet repülés közben nem érzel problémát.

A REPÜLŐGÉP SEGÉD- ÉS FŐHAJTÓMŰEVI

A segédhajtómű (auxiliary power unit – APU) segéd, vagy kiegészítő energiaforrásként funkcionál, feladata a földön, generátora segítségével az elektromos rendszer táplálása, továbbá a légkondicionáló rendszer működéséhez és a hajtóművek indításához szükséges levegő biztosítása. A 7X esetében ezt egy Honeywell

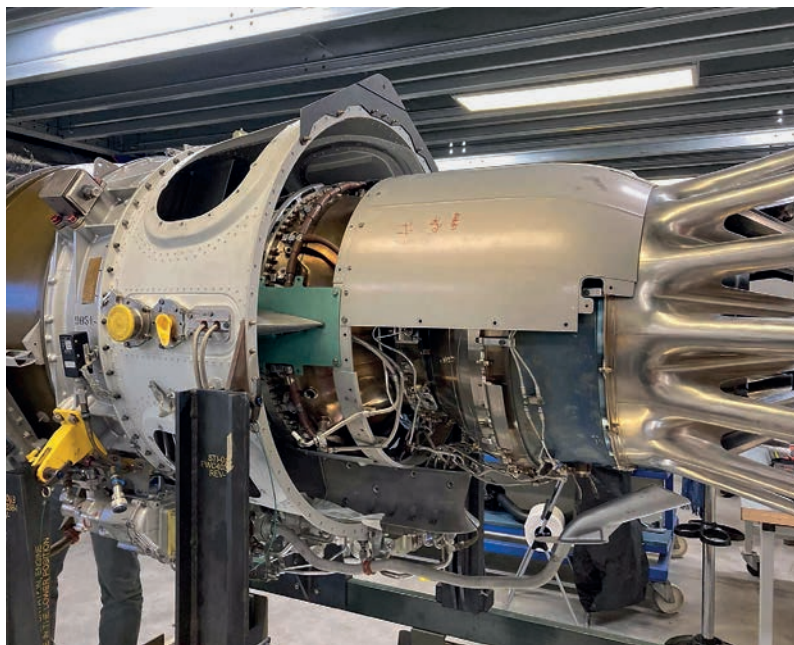
GTCP36–150(FN) típusú gázturbina látja el. Az APU a törzs hátsó szekciójában, alul, a középső hajtómű előtt helyezkedik el. Szívócsatornája a törzs jobb oldalán, alul található, a gázkivezető pedig fölötte. Kiegészítő tolóerőt már elhelyezkedéséből adódóan sem képes biztosítani, illetve a 7X-en az APU csak a földön üzemeltethető. Működését tekintve egy állandó fordulatszámú gázturbina, amelynek üzemmódja nem változik, így a terhelése és az abból adódó elhasználódása is egyenletes. Működés közben megbízható, a szabályozó komputere teljes körű védelmet biztosít rendellenes működés esetén. Ez azt jelenti, hogy bármilyen paraméter-túllépés (pl.: túl magas gázhőmérséklet, olajhőmérséklet, fordulatszám) vagy indítási probléma (pl.: nem megfelelő idejű gyújtás) esetén az APU automatikusan, a személyzet beavatkozása nélkül leáll. A repülőgép üzemképtelen APU-val is képes repülni, ebben az esetben a hajtóművek indítása földi levegőforrás (air starter unit – ASU) segítségével történik. Üzemeltetési szempontból nem karbantartás-igényes. A kisebb – a hajtómű kiépítését és szétszerelését nem igénylő – periodikus ellenőrzések és ápolási munkák egyszerűen és viszonylag rövid idő alatt elvégezhetők. Az APU szétszerelését csak a gyártó (Honeywell), vagy az általa jóváhagyott, megfelelő jogosításokkal rendelkező karbantartó szervezet végezheti.

A repülőgép fő erőforrása 3 darab Pratt & Whitney Canada PW307A típusú kétáramú gázturbinás hajtómű. (2. táblázat; 4. ábra) Ezek a kor követelményeinek megfelelő, magas hatásfokú és alacsony károsanyag-kibocsátású⁶ erőforrások, amelyeket teljesen automatikus digitális rendszer (Full Authority Digital Engine Control System – FADEC) szabályoz.

A középső, 2-es számú hajtómű sugárfordítóval (thrust reverser) is rendelkezik, amely leszállás után segíti a repülőgép fékezését, illetve csökkenti a normál kerékfékekre jutó terhelést.

A hajtómű (4. ábra) nagy kétáramúsági fokú, felszálló teljesítménynél a tolóerőnek 20–25%-a keletkezik a belső, és 75–80%-a külső áramban. A PW307A hajtóművet kizárólag a Falcon 7X repülőgépeken alkalmazzák, így a 28,48 kN maximális tolóerőt a hajtómű gyártója a Dassault kérésére szabályozta be a kívánt értékre. A hajtóművek eredeti maximális tolóereje 33,94 kN [9; 2–7.o.] és az eszközöket egymáshoz trimmelik, azaz a gyári alapbeállítás szerint maximális hajtóművezérlő kar („take off”) helyzetben pontosan ugyanakkora tolóerőt adnak le. Az egyedi paramétereiket a FADEC-rendszerbe táplálják, amely ezek figyelembevételével végzi a szabályozásukat.

Üzemeltetői szempontból a hajtómű megbízható, üzembiztos, viszonylag ritkák a komolyabb meghibásodások. Alapvetően nem karbantartás-igényes. Azok a periodikus ellenőrzések, amelyeket nem kötelezően a gyártónak (vagy az erre szakosodott karbantartó szervezetnek) kell végrehajtania, könnyen, aránylag rövid idő alatt elvégezhetők. Ilyenek például a 600, illetve 800 repült órát követően a tüzelőanyag-szűrők cseréje, a gyújtógyertya ellenőrzése és az egyéb, nagy részben vizuális ellenőrzések.



2. TÁBLÁZAT.
A PW307A gázturbinás hajtómű főbb műszaki jellemzői
(A szerző szerkesztése a [9] alapján)

PW307A	
Maximális tolóerő ⁷ [kN]	28,48
Átmérő [mm]	947
Hosszúság [mm]	2192
Száraz tömeg [kg]	544,31
Kétáramúsági fok	4,3:1
A nagynyomású kompresszor nyomásviszonya	13

A FALCON 7X KATONAI ALKALMAZÁSA

A Magyar Honvédség kecskeméti repülődandárjánál jelenleg 2 db Falcon 7X teljesít szolgálatot. Ezt a típust, és magát a típuscsaládot több ország légierője⁸, pl.: Görögország [16], Franciaország, Nigéria, Ausztrália [17], Indonézia is alkalmazza. [18] A repülőgépeket a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében szerezték be [15], az első, a 606-os oldalszámú 2018 augusztusában, míg a 607-es (1., 7. ábra) 2019 áprilisában érkezett Kecskemétre. Mindkettő a magyar légierőben használatos NATO-standard szürke festést kapta. Elsősorban kisebb létszámú katonai delegációk, katonai felsővezetők szállítására, valamint – a honvédség feladatrendszeréből adódóan – kormányzati szállításokra is alkalmazzák. Az úticélok változatosak, Los Angelesztől Kambodzsaig, a világ

4. ÁBRA.
PW307A oktatóhajtómű a Flight Safety párizsi oktatóközpontjában
(A szerző felvétele)

6 Az égőtér gyártása az ún. TALON technológia alapján készült – (Technology for Advanced Low NOx).

7 Tengerszinten, 15°C hőmérséklet és 101325 Pa környezeti levegőnyomás figyelembevételével.

8 Az egyik legkiemelkedőbb felhasználó az olasz légierő. Falcon 7X-szel nem rendelkeznek, csak korábbi típusokkal. Flottájuk összesített repülési ideje 2023 februárjában érte el a 150 ezer órát. [21]



5. ÁBRA. Karbantartás a kecskeméti repülőbázison (A szerző felvétele)

majdnem minden pontján teljesítettek már feladatot.

A repülőgépek műszaki üzemeltetését a Magyar Honvédség katonai állománya végzi, amely gyártói támogatással is kiegészül. Kecskeméten elsősorban a repülések műszaki kiszolgálása, a feladatokra történő felkészítés, továbbá az előforduló meghibásodások javítása, valamint kisebb periodikus karbantartási és ápolási munkák végrehajtása zajlik. (5. ábra) A repülőgépek éves nagy karbantartását a gyártó cég leányvállalata, a Dassault Falcon Service végzi, a párizsi, vagy a bordeaux-i telephelyén (7. ábra) 12 havonta, vagy 800 repült órát követően. Ezeken kívül bonyolultabb, nagyobb állásidőt igénylő, hangárban történő karbantartás az ún. „C” check is, amelyet 96 hónap, vagy 4000 repülési ciklus után kell végrehajtani. [6]

A Falcon 7X futóművének sajátossága, hogy gurulás közben, fékezéskor furcsa, nyikorgó hangot ad. Ez a jelenség a négytárcsás kerékfékkel felszerelt gépeken figyelhető meg. A hang a fék tárcsáinak vibrációja miatt keletkezik, és bár a fék határfokára nincs hatással, ugyanakkor az utasok komfortérzetét némiképpen rontja. A probléma a továbbfejlesztett, háromtárcsás fékek alkalmazásával kiküszöbölhető.

A repülőgépek kihasználtságát értékelve megállapítható, hogy a gyártói visszajelzések alapján a Magyar Honvédség Falconjai élen járnak; a repült idők mennyiségét vizsgálva a top

felhasználók közé tartoznak, jelentős mennyiségű tapasztalatot szolgáltatva ezzel a gyártónak is. Emellett a gépek rendelkezésre állása is (üzemképességi mutatója) igen magas, amely a típus megbízhatóságát mutatja.

A repülőgép személyzete a Magyar Honvédségnél 4 fő: kapitány, másodpilóta, légiutas-kísérő és – a polgári gyakorlattól eltérően –, egy utazó szerelő (on board maintenance – OBM). Ennek oka, hogy a katonai repülőgépen csak a Katonai Légügyi Hatóság által jóváhagyott karbantartó szervezet, illetve technikus végezhet munkát. Ezen felül az utazó technikus jelenléte növeli a rendelkezésre állást, mivel meghibásodás esetén képes azt helyben elhárítani, egy esetleges komolyabb működési zavar megjelenésekor pedig pontos információkkal

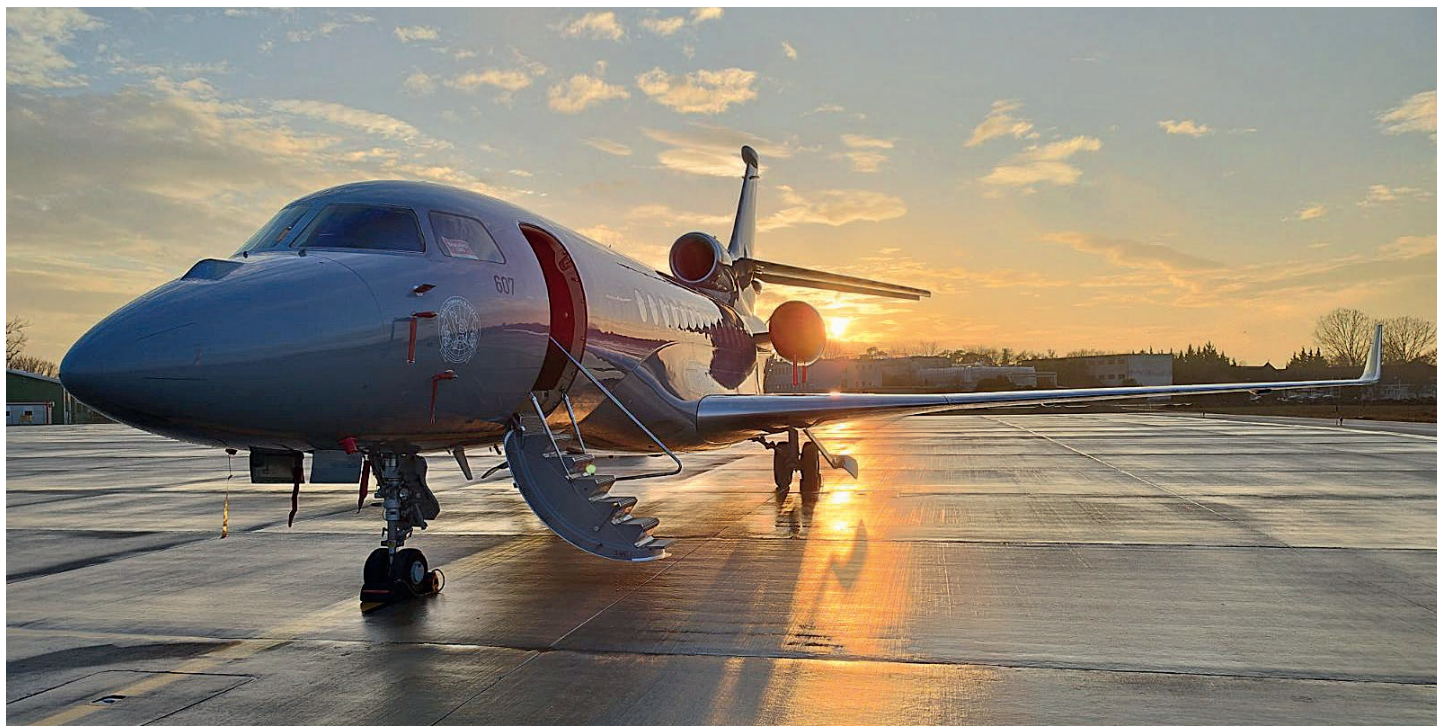
láthatja el a szerződött karbantartó szervezetet (Dassault Falcon Service), és megszervezheti a hibajavítást. Többször is előfordult ilyen eset, mindig rendkívül hasznos volt az utazó technikus jelenléte és szaktudása. Ez a személyzeti konfiguráció egyébként nem egyedülálló magyar sajátosság, több más országban is alkalmazzák a Falconokon (pl.: Görögország [16], Nigéria, Olaszország).

ÖSSZEGZÉS

A Dassault Falcon 7X napjaink széles körben ismert és használt üzleti repülőgépe, amelyet a világ számos pontján rendszeresítették a haderőkben is. A típus kivitelezését, az alkalmazott technikai megoldásokat tekintve a 21. század terméke, először a 2001-es Paris Air Show iparági kiállításán mutatták be. Hasonlóan más üzemben tartók véleményéhez, a magyar katonai üzemeltetési tapasztalatok is pozitívak. A gyártói fejlesztések azonban nem álltak meg a 7X/8X típusoknál, ékes példája ennek a Falcon 6X, amely az EASA/FAA (European Union Aviation Safety Agency/Federal Aviation Administration – az Európai Unió Repülésbiztonsági Ügynöksége/ az USA Szövetségi Légiközlekedési Hivatala) légialkalmassági engedélyét 2023 augusztusában szerezte meg [19], így egy újabb változattal bővült a típuscsalád. A jövőt a még tervezés és kivitelezés alatt álló Falcon 10X képviseli, amely a maga méreteivel, kényelmi funkcióival és 13 890 km-es hatótávolságával [20] kategóriájában egyedülálló repülőgép lesz. ■



7. ÁBRA. A 607-es oldalszámú repülőgép karbantartása a Dassault Falcon Service párizsi telephelyén (A szerző felvétele)



HIVATKOZÁSOK

- [1] Above & beyond (a Falcon Customer Service Magazine) The Origin Story- Dassault marks 60 years of Falcon in flight Volume 109 August 2023; https://www.dassaultfalcon.com/app/uploads/2023/07/ABOVE_and_BEYOND_N109.pdf (Letöltve: 2023.12.13.);
- [2] Finlay, M. The Dassault Falcon 50: The First Bizjet To Go Transatlantic Simple Flying Oct. 21, 2023 <https://simpleflying.com/dassault-falcon-50-guide/> (Letöltve: 2024.1.4.);
- [3] Falcon 50: origins, characteristics and performance data (dassault-aviation.com) <https://www.dassault-aviation.com/en/passion/aircraft/civil-dassault-aircraft/falcon-50/> (Letöltve:2024.1.3.);
- [4] Falcon 7X | Handbook | Business Air News https://www.businessairnews.com/hb_aircraftpage.html?recnum=DA7X#:~:text=The%207X%20entered%20service%20on%2015%20June%2C%202007.,a%20payload%20of%20eight%20passengers%20and%20three%20crew. (Letöltve: 2023.12.6.);
- [5] 03-Falcon 7X-8X Series Technical Sessions-WH (dassaultfalcon.com) Falcon M&O Seminars 2023 - Falcon 7X-8X Series Technical Sessions https://customer.dassaultfalcon.com/library/Doclib_MOseminar_All/729688-1.pdf (Letöltve: 2023.12.6.);
- [6] FIELD 6 (Falcon Interactive Electronic Library of Documentation) – Aircraft Maintenance Manual [A szerző, a típuson dolgozó üzemeltető mérnökneként rendelkezik hozzáféréssel a repülőgép karbantartási leírásához];
- [7] Aircraft - Dassault Falcon https://www.dassaultfalcon.com/aircraft/compare-aircraft/?id_aircraft=143 (Letöltve: 2024.1.4.);
- [8] Eyre, David C. Dassault Falcon 7x The Encyclopedia of Aircraft David C. Eyre (aeropedia.com.au) <https://aeropedia.com.au/content/dassault-falcon-7x/#:~:text=Basic%20operating%20weight%3A%2015%2C545%20kg%20%202834%2C272%20lb%29%20Max,%286%2C000%20lb%29%20Loaded%20weight%3A%2031%2C300%20kg%20%202870%2C000%20lb%29> (Letöltve: 2024.1.6.);
- [9] P&WC PW307 SERIES MAINTENANCE TRAINING MANUAL Flight Safety International, Inc. Marine Air Terminal, LaGuardia Airport. Flushing New York 11371 www.FlightSafety.com;
- [10] Aviation Safety Network ASN Aviation Safety Database results (aviation-safety.net) <https://aviation-safety.net/asndb/type/FA7X> (Letöltve: 2023.12.13.);
- [11] Bergqvist, Pia. Falcon 7X Fleet Remains Grounded - FLYING Magazine <https://www.flyingmag.com/news-falcon-7x-fleet-remains-grounded/> (Letöltve: 2023.12.13.);
- [12] Goyer, Isabel. Falcon 7X Trim Runaway Update - Details of Wild Ride Emerge - FLYING Magazine <https://www.flyingmag.com/news-falcon-7x-trim-runaway-update-details-wild-ride-emerge/> (2023.12.13.);
- [13] Whitfield, Bethany. After Safety Scare, Fix Found for Falcon 7X Pitch Problem - FLYING Magazine <https://www.flyingmag.com/aircraft-jets-after-safety-scare-fix-found-falcon-7x-pitch-problem/> (Letöltve: 2023.12.13.);
- [14] HB-JFN (skybrary.aero) <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/3641.pdf> (Letöltve: 2023.12.13.);
- [15] Bővült a Magyar Honvédség repülőgépplojtája - Honvédelem (honvedelem.hu) <https://honvedelem.hu/media/aktualis-videok/bovult-a-magyar-honvedseg-repulogeflojtaja.html> (Letöltve: 2024.1.6.);
- [16] Falcon 7X - Hellenic Air Force (haf.gr) <https://www.haf.gr/en/equipment/falcon-7x-2/> (Letöltve: 2024.1.3.);
- [17] Dassault Falcon 7X Air Force <https://www.airforce.gov.au/aircraft/dassault-falcon-7x> (Letöltve: 2024.1.3.);
- [18] Naik, Priti M. Indonesian Air Force Bolsters Squadron with New Falcon 8X Jet - BNN Breaking <https://bnnbreaking.com/world/indonesia/indonesian-air-force-bolsters-squadron-with-new-falcon-8x-jet/> (Letöltve:2024.1.3.);
- [19] The Falcon 6X: the most spacious, advanced and versatile twinjet (dassault-aviation.com) <https://www.dassault-aviation.com/en/civil/falcon-family/falcon-6x/> (Letöltve: 2024.1.4.);
- [20] Falcon 10X, Industry's Largest Cabin and Most Advanced Technology on a Business Jet (dassault-aviation.com) <https://www.dassault-aviation.com/en/civil/falcon-family/falcon-10x/> (Letöltve: 2024.1.4.);
- [21] The Italian Air Force Dassault Falcon Fleet Reaches 150K Flight Hours - The Aviatonist <https://theaviationist.com/2023/02/09/the-italian-air-force-dassault-falcon-fleet-reaches-150k-flight-hours/> (Letöltve: 2023.12.6.);
- [22] Kardos Zsolt főhadnagy, az MH vitéz 101. Szentgyörgyi Dezső Repülődandár, üzemeltető mérnök tiszt fotógyűjteménye (Kardos Zsolt engedélyével);
- [23] Ötvös Lajos őrnagy, az MH vitéz 101. Szentgyörgyi Dezső Repülődandár, szolgálatvezető mérnök főtsz fotógyűjteménye (Ötvös Lajos engedélyével).

6. ÁBRA.
A Magyar Honvédség 607-es oldalszámú Falcon 7X repülőgépe Kecskeméten [22]



1. ÁBRA.
A törökországi
Morca-barlang
bejárata (Fotó:
Zentay Péter)

ZENTAY PÉTER*

OPERATION: DEEP PURPLE

I. RÉSZ

AZ AKCIÓ ELŐZMÉNYEI ÉS NEMZETKÖZI HÁTTERE

ÖSSZEFOGLALÁS: Operation Deep Purple fedőnéven, 2023 szeptemberében lezajlott a világ eddigi legnagyobb barlangi mentése [6], amelyre a dél-törökországi 1246 m mély, Morca-barlangban került sor. A morca szó törökül lilát jelent; ez a kifejezés, valamint a barlang nagy mélysége ihlette az akció fedőnevét (Mély lila 'had' művelet – Operation Deep Purple). A szakemberek összefogásának nemzetközi visszhangja jelentős volt, szinte az összes nyugati média foglalkozott a sikeresen végződő kezdeményezéssel. A barlangi mentés nem tartozik szorosan a haditechnika tárgykörébe, azonban az itt bemutatott technikák, a szervezés és a logisztika sok hasonlóságot mutat egy katonai vagy katasztrófaelhárítási művelettel. A mentésben kulcsszerepet játszottak a Magyar Barlangi Mentőszolgálat (BMSZ) tagjai és sok segítséget nyújtottak a magyar kormány hivatali szervezetei és a Magyar Honvédség is. A cikkben a mentés egyes technikai, logisztikai és szervezési hátterét ismertetjük. A cikk szerzője a Magyar Barlangi Mentőszolgálat tagjaként vett részt a műveletekben.

KULCSSZAVAK: barlangi mentés, dél-Törökország, speciális kötéltechnika, Operation Deep Purple

ABSTRACT: Operation Deep Purple was the official code name for the world's largest cave rescue that took place in September 2023, in the 1246 m deep Morca cave in southern Turkey [6]. Morca means „purple” in Turkish and the great depth of the cave inspired the code name for the operation: „Deep Purple”. The international response was significant; almost all foreign media covered the success of the operation. Cave rescue is not strictly a topic of military methodology, however the techniques, organization and logistics presented here have many similarities to a military or disaster management operation. Members of the Hungarian Cave Rescue Service (BMSZ) played a key role in the rescue, and Hungarian government organizations and the Hungarian Military also provided a significant help. The article describes some of the technical, logistical and organizational aspects of the rescue. The author of the paper participated in the operations as a member of the Hungarian Cave Rescue Service.

KEYWORDS: cave rescue, Southern Türkiye, special single rope technics, Operation Deep Purple

* Ph.D. ORCID: 0000-0002-3161-8829

A BARLANGKUTATÁS JELENTŐSÉGE

A barlangkutatás nem sport, bár olyan fizikai állapotot, erőnlétet és technikai tudást igényel, amelyet más körülmények között extrém sportolók teljesítenek. Barlangjárás esetén nem a fizikai teljesítmény a legfontosabb, az inkább szükséges, de nem elégséges feltétele. A Föld felszínén alig maradtak már fehér foltok, a mélytengeri árkok és a barlangok azonban még titkot rejtenek. Az új járatok feltárásán kívül, a barlangok további tudományos lehetőségeket is tartogatnak. További feladatot jelent a feltárt barlangok térképeinek elkészítése, geológiai, hidrológiai, biológiai, régészeti vizsgálatok, fényképes dokumentációk készítése, továbbá minden olyan egyéb tevékenység, amely tudományos, stratégiai és gazdasági szempontból fontos lehet. Ilyen lehetőség többek között a klímaváltozások jeleinek vizsgálata természet adta hosszú idősorokon, a karsztos régiók vízellátásának elemzése, a befoglaló kőzetek és szerkezeti stabilitásuk vizsgálata, vagy a járatrendszer tovább kutatása.

Védelmi szempontból is fontosak lehetnek a barlangok, mert a világban számos nagyváros vízellátása a karsztforrásokból nyert vízből történik. A barlangokat befoglaló kőzetrétegek megfelelő védelmet nyújthatnak támadások, radioaktív sugárzás ellen, így raktárként, óvóhelyként vagy vezetési pontként is szolgálhatnak.

Minden felfedezés kockázatokat hordoz magában, barlangkutatóként olyan helyekre igyekszünk bejutni, ahol ember még nem járt. Az első feltáróknak kell a legtapasztaltabbnak, legóvatosabbnak lenniük, mivel ők lépnek be először ebbe az ismeretlen birodalomba. Őket fenyegeti a legnagyobb veszély, de a feltárt járatokban való közlekedés és munkavégzés minden résztvevő számára kockázatos.

A barlang a benne tevékenykedők számára alapvetően barátságtalan környezet, amelyben az emberi élet feltételeinek csak egy része adott. A magával vitt felszerelések, ellátás vagy segítség nélkül hosszú távon az ember nem képes életben maradni ebben a környezetben.

A leginkább magától értetődő körülmény a teljes sötétség. A bejárati zónán kívül természetes fény nem

hatol be a barlangba. A barlangok levegőjének hőmérséklete általában megegyezik a régió évi átlaghőmérsékletével (ez a Morca barlang esetében +3–5°C), a páratartalom eléri a 100%-ot. Ebben a hűvös, vizes, párás környezetben a kutató megfelelő felszerelés és mozgás nélkül fokozottan ki van téve a kihülés veszélyének. A sérültek ellátásakor a kihülés elleni védekezést magas prioritású feladatként kell kezelni, mert a kihülési folyamat életet veszélyeztető állapot, akár halálhoz is vezethet.

A túléléshez szükséges élelem természetesen nem áll rendelkezésre a barlangban, és az ivóvíz leggyakrabban (néhány esetet leszámítva) szennyezett. A barlangokban a közlekedést gyakran függőleges járatok, néha mély aknák, másol szűkületek nehezítik, amelyek mentés esetén komoly akadályt képeznek. A sérültek mentése szempontjából a tág függőleges járatokon, aknákon keresztül történő közlekedés nem jelent túl nagy nehézséget, a leküzdésükhöz szükséges kötéltechnikai eszközök rendelkezésre állnak és a módszerek jól kidolgozottak, bár a felszerelés odaszállítása és beépítése sok munkát és időt vesz igénybe. A szűkületek leküzdése már jóval problémásabb. Egy olyan járatban, ahol egy ember kúszva is nehezen fér át, ott egy hordágyon fekvő ember biztosan nem juttatható át. Ezek a szűkületek rosszabb esetben több tíz méter hosszúak és kanyargósak is lehetnek. Ilyen helyzetekben a járatok tágítása szükséges.

A barlangok általában nem homogén kőzetben képződnek. A tektonikai mozgások által keltett kompresszió miatt a kőzet összetöredezik, amelyet később földrengések tehetnek még

kevésbé állékonyvá. Ilyen instabil zónákban a járatok könnyen omlanak, és a barlangászok csak az omlás kövei között járható résekben tudnak tovább jutni. A mozgás hatására a labilis kövek további omlást idézhetnek elő, amely egy akár házméretű sziklát is megmozdíthat. Nagy tapasztalat és jó mechanikai érzék szükséges az ilyen járatokban való közlekedéshez, és az útvonal kijelöléséhez.

A nagy, alpesi jellegű barlangokat általában a felszínről beszivárgó víz alakította és alakítja ma is, így nem meglepő, ha az üregekben nagy mennyiségű vízzel találkozunk. Minél mélyebbre hatolunk a barlangban, annál nagyobb az esélye a jelentős mennyiségű víz megjelenésének. Mivel a felszíni vizek természetes levezetői a barlangok, sokszor nagy területek vize gyűlik egyetlen járatba. Ilyen körülmények között csak vízhatlan felszerelés (illetve olyan eszközöké, amelyeknek nem árt a víz, a pára), valamint vízhatlan ruházat használata tanácsos, ami vagy szárazon tart, vagy vizesen sem engedi kihűlni viselőjét. Az aktív vizes barlangokban létfontosságú a felszíni időjárás előrejelzések pontos követése, mert esőzések, hirtelen hóolvadás esetén a barlang járatai sokszor nem tudják levezetni a nagy mennyiségű beérkező vizet. Ekkor a járatok akár teljes keresztmetszetükben feltelítődhetnek, és az éppen ott lévő kutatók hirtelen életveszélyes helyzetbe kerülhetnek. Ezek a vízbetörések néha odalent érzékelhető előjel nélkül, nagyon gyorsan és hevesen jelentkezhetnek.

Az aktív aknában lévő vizesések és a járatokban lévő patakok megnehezítik a közlekedést, és természetesen a mentést is. Ezekben a helyeken a hord-



2. ÁBRA.
A Magyar Barlangi Mentőszolgálat orvosi rohamcsapata a török légierő Black Hawk helikoptere előtt (Fotó: AFAD-BMSZ)



3. ÁBRA.
Berakodás a magyar
légielő Airbus A319-es
szállító repülőgépre
(Fotó: Zentay Péter)

ágyat kötélpályák segítségével mozgatják. A kötélpálya kiépítését és rajta a hordágy mozgatását úgy kell végezni, hogy a hordágy ne érjen a vízbe, ne fokozódjon a hordágyhoz rögzített fekvő személy kihülési kockázata, és ne romoljanak a túlélési esélyei.

A barlang feltárásakor a kutatóknak elegendő idejük jut a járatok megismeréséhez, azok azonban, akik később látogatják a barlangokat, csak a feltárók által készített térkép alapján tudnak tájékozódni. A barlangi térképek felhasználói szintű kezelése is kellő tapasztalatot igényel, mivel a háromdimenziós járatrendszer általában csak kétdimenziós, vetített metszeten tudják ábrázolni. A barlangba a GPS-jelek nem jutnak le, ezért egyelőre a térképes tájékozódáson kívül semmilyen más módszer nem áll rendelkezésre a tájékozódáshoz. A helyzetmeghatározást csak a különböző felületeken elhelyezett térképezési pontok, jelek, tárgyak vagy feliratok

segítik ha léteznek ilyenek, illetve ha sikerül megtalálni azokat. A barlangban a nagyfrekvenciás elektromágneses hullámok sem hatolnak be kellő mélységbe, így ott a hagyományos rádiós kommunikáció (mobiltelefon) sem használható.

A nagy barlangok általában lakott területektől messze, hegyvidéken nyílnak, a megközelítésük nehézségekkel jár, és a környékükön sok esetben a felszíni mobilkommunikációra sem lehet számítani.

A mély, alpesi jellegű barlangok külön fizikai kihívást jelentenek a kutatóknak. A többszáz méter mélységből, a szállítandó nagy mennyiségű felszerelésekkel történő feljutás komoly logisztikát, nagy erőfeszítést igényel. Ilyen esetben még a jó fizikai képességekkel rendelkező barlangászok is csak kb. 100 m/h feljövetei sebességgel tudnak számolni – vízszintes járatokban 1 km megtétele akár több órát is igénybe vehet. Mentés esetén természetesen ennél sokkal rosszabb a helyzet, mivel ott több tíz fős csoport összehangoltan mozog, és a sérült szállítása hatványozottan nehézkes. Ezek a nehézségek rendkívül lelassíthatják és meghosszabbíthatják a mentés időtartamát. A nagy mélységekből történő mentések rendkívül veszélyesek, és a kimenetelük kétséges, de szerencsére ilyen esetek viszonylag ritkán fordulnak elő.

Az elmúlt évtizedben három különösen nagy barlangi mentés történt, amelyek az összes valaha végzett barlangi mentések között is az első három helyet foglalják el. Kronológiai

sorrendben az első a 2014 júniusában, a Berchtesgaden (Németország) közelében lévő Riesending-Schachthöhle barlangból egy koponyasérült kutatót mentettek ki 6 km-re a bejáratától, 950 m-es mélységből [1].

2018 júliusában a thaiföldi Tham Luang barlangban rekedt 12 fiatal és az edzőjük, amikor a monszun beálltával a barlang járatai megteltek vízzel, és a kijárat teljesen víz alá került. Az első esetben alpesi jellegű barlangból, nagy mélységből történő kötéltechnikás mentés történt, míg a másik esetben víz alatti, zárt térben történő búvármentés zajlott [2]. Szerencsére mindkét esetben sikeres volt a mentés, igaz a thaiföldi akcióban a mentők között volt egy halálos áldozat. E sorban a harmadik kiemelt esetről, a törökországi Morca-barlangban lezajlott mentésről a cikk további részében számolunk be.

A MENTÉS HÁTTERE, ELŐZMÉNYE

A Morca-barlang Törökország déli részén, a Torosz-hegység, dél-Taşeli fennsíkján található. (5. ábra) A helyszíntől a legközelebbi nagyváros Anamur, amelynek megközelítése gépjárművel 4 órát vesz igénybe. A barlang változatos kőzetekben, miocén jura és kréta kori mészkőben keletkezett, ezért elég színes a morfológiája, járatainak mérete, formája és a kőzetnek állékonysága. A barlang bejárata 2140 m tengerszint feletti magasságon nyílik, jellege a nagy alpesi akna-barlangokéra hasonlít, amelyeket számos kisebb-nagyobb akna és szűkület tagol. A barlangot 1996-ban fedezték



4. ÁBRA.
A Magyar Honvédség 604-es
oldalszámú Airbus A319-es
csapatszállító repülőgépe
Adanában
(Fotó: Zentay Péter)

fel, majd 2013-óta intenzíven kutatják. A feltárások adatai szerint a barlang mélysége 1276 m, a járat hosszúsága 5714 m. A Morcát ezt követően Törökország 3. legmélyebb, és a 6. leghosszabb barlangjaként tartják nyilván. [3] A 2023-as nyári török-amerikai szervezésű expedíció a barlang tovább kutatását, dokumentálását, valamint tudományos vizsgálatok elvégzését és feltérképezését tűzte ki céljaként. Az expedíció tagjai mindannyian kellően nagy tapasztalattal rendelkező barlangkutatók voltak.

2023. szeptember 2-án az expedíció amerikai vezetője, Mark Dickey, a barlang legmélyebb régiójának kutatása közben váratlanul rosszul lett. Tünetei nagyon súlyosak voltak. Az expedíció tagjai nem építették ki megfelelően a barlang és a felszín közötti kommunikációt. A barlangi telefon csak -500 m-ig működött, a kinti készülék tápforrása lemerült, így a felszíni ügyelettel nem volt kapcsolatuk a mély zónából. Ilyen körülmények között az egyik kutatónak -1040 m mélységből ki kellett másznia, hogy segítséget kérjen, amit igen rövid idő, mindössze 7 óra alatt teljesített. A barlang környezetében nincs mobiltelefon-hálózat, ezért a kutatónak egy közeli hegy csúcsára kellett az éjszakai órákban felmásznia, hogy kapcsolatot teremtsen egy egészségügyi kérdésben kompetens személlyel. Számtalan sikertelen hívás után megpróbálta elérni a Magyar Barlangi Mentőszolgálatot is, ahol az ügyelet azonnal fogadta hívását. Szeptember 2-án hajnalban először tudott konzultálni orvossal, nevezetesen a BMSZ orvoscsoportjának vezetőjével. A mentőszolgálat orvosa a szimptomákból megerősítette, hogy súlyos a helyzet és tanácsokat adott, hogy milyen ellátással próbálkozzanak. Szerencsére a kutatótárs rendelkezik paramedikus képzettséggel (ez a magyar egészségügyi rendszerben a legjobban a mentőtiszt képzettségre hasonlít), így néhány beavatkozást el tudott végezni a közeli török egészségügyi rendszerből beszerzett eszközök és gyógyszerek felhasználásával. Ezzel párhuzamosan elkezdődött a mentés hivatalos szervezése, amelyet a török kormányzati szervek, a Magyar Barlangi Mentőszolgálat (BMSZ) [4] és az Európai Barlangi Mentőszövet-



ség (ECRA) [5] közösen kezdtek meg. Sajnos az első medikációk nem hoztak számottevő javulást, ugyanis a kutató állapota súlyosabbnak mutatkozott a vártnál. Gasztrointesztinális vérzése következtében több liter vért veszített, így a kivérzéses sokk veszélye fenyegette. Szeptember 3-án, az első elérhető kereskedelmi légi járatral elindult a BMSZ orvosi rohamcsapata. A 4 főből álló csapat a rengeteg orvosi és barlangi felszereléssel saját költségén jutott el Antalyába, ahol a török katasztrófavédelem és a fegyveres erők munkatársai várták őket. Átvitték a csapatot a legközelebbi katonai reptérre, ahonnan a mentő egységet egy Sikorsky S-70 Black Hawk helikopterrel szállították a barlang bejáratához. (2. ábra)

Megérkezésük után a doktornő és két társa azonnal leszállt a barlangba, míg 1 fő kint maradt a felszíni koordináció támogatására. 13 óra kemény barlangi túra után az orvosnő és a teljes orvosi felszerelés lejutott -1040 méter mélyre a beteghez, és elkezdődhetett az életmentő beavatkozás. Nehézséget okozott, hogy vért – a szigorú szervkereskedelmet korlátozó szabályok miatt – nem szállíthattak Magyarországról, így azt török forrásokból kellett beszerezniük. A BMSZ és a török állami szervek jól összehangolt munkájának köszönhetően ez sikerült is 1 nappal

az orvos megérkezése után. Másnap, szeptember 4-én délután elindult Budapestről a magyar rohamcsapat második hulláma 5 fővel. Az ő feladatuk az volt, hogy a kint lévő 4 főből álló orvosi csoport ellátását biztosítsák. Nekik sajnos nem sikerült helikoptert intézni, ezért jó 10 óras késéssel, teherjárón érkeztek a barlang bejáratához. Ők szállították le a továbbiakban szükséges vért, vérkészítményeket és a további infúziókat, gyógyszereket. A magas szintű ellátásnak, a vértanszfúzióknak köszönhetően a beteg túlélési esélyei ezzel sokat javultak, amelynek nyomán elkezdheték a mentés technikai feltételeinek megteremtését. Amikor az elsőként érkező két magyar csapat leszállt a barlangba, a felszínen még szinte csak a kutatócsapat expedíciós tábora állt, néhány sátorral és külső kommunikációs eszközök nélkül.

Nagy apparátust mozgató mentéshez komoly felszíni infrastruktúra szükséges, amely képes kiszolgálni a barlangban dolgozó csapatokat. A közel 200 közreműködő személy számára szükséges tábort az AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı – Török Katasztrófa- és Veszélyhelyzetkezelési Elnökség) építette ki, valamint ők kaptak megbízatást a mentés felszíni irányítására. A művelet védelmét a Jandarma (török területi – városon kívüli – rendőrség) biztosította.

5. ÁBRA.

A térkép a Morca-barlang elhelyezkedését mutatja Törökországban.

A képkivágás a barlang helyzetét szemlélteti az Anamur település feletti Toros hegységben (A szerző szerkesztése)

A következő napokban Törökország kormánya diplomáciai csatornákon keresztül hivatalosan felkérte az együttműködő államokat a mentésben való közreműködésre, így lassan elkezdődött az ECRA tagszervezetinek mozgósítása. [5] A Magyar Barlangi Mentőszolgálatot a két ország külügyminisztériumán keresztül közvetlenül az AFAD kérte fel további közreműködésre, amely már konkrétan barlangi mentésre, a beteg kutató felszínre juttatására vonatkozó kérés volt. Ez egy további húsz fős magyar csapatot jelentett, amely már jelentős arányt képviselt a nemzetközi szakemberek összlétszámából, és megfelelő erőt biztosított a kontingensnek akár önálló feladatok végrehajtásához is.

Ezt követően megkezdődött a felszerelések összekészítésének véglegesítése, a kiutazó csapat tagjainak kiválasztása és a kiutazás szervezése.

A felszerelést a BMSZ saját raktárkészletéből állította össze, amelynek közel 70%-át magával vitte a helyszínre. A mentés eszközeit minden kiutazó mentőszervezet a saját raktárából biztosította. További felajánlásokat és eszköztámogatásokat túraeszközök forgalmazói, sportáruházak és – kérésünkre – egészségügyi eszközök forgalmazói tettek, amely jelentős segítség volt az egyes régi felszerelések, főként karabinerek, rögzítőcsavarok és kötelek kiváltására. A kiszállított kollektív felszerelés tömege meghaladta az 1000 kg-ot, amely további egészségügyi eszközöket, gyógyszereket, a tábori infrastruktúra fejlesztését szol-

gáló eszközöket, rengeteg kötéltechnikai eszközt és nem utolsósorban a járatágításhoz szükséges pirotechnikai eszközöket tartalmazott.

Következő feladat a személyi állomány összeállítása volt. Ehhez nagyon szigorú feltételeknek kellett megfelelnie a kiutazóknak. Alapfeltétel volt a megfelelő barlangimentő-képesítés megléte, a megfelelő egészségi állapot, a nyelvtudás, a többéves tapasztalat, és természetesen az adott időben való rendelkezésre állás. Továbbá csak olyan személyek jöhettek számításba, akik már jártak 1000 méter mély barlangban és tisztában voltak annak technikai és fizikai kihívásaival. A szigorú feltételeknek nagyon kevesen feleltek meg, de a BMSZ, valamint a Bakonyi Barlangi Mentőszolgálat állományából végül sikerült kiválasztani a megfelelő 20 főt.

Kis létszámú csoportok kijuttatása még lehetséges viszonylag alacsony költségen, azonban egy 1000 m-nél mélyebb barlangból egy beteg kijuttatásához nagyszámú barlangi mentő-specialistára, és váltó orvosokra is szükség van. Ehhez elengedhetetlen a nagy logisztikai háttér, amit a BMSZ-hez hasonló önkéntes szervezetek saját erőből már nem képesek megoldani. A megkezdett mentőakció folytatásának támogatására a Külügyminisztérium gyorssegélyt utalt át a BMSZ-nek, amely az első néhány nap költségeit fedezte.

A kiutazás előtti estén – egy nappal a menetrend szerinti repülőjárat útja előtt – a Honvédelmi Minisztérium,

valamint a Magyar Légierő felajánlotta a mentőcsapat, és a teljes felszerelés kiszállítását Törökországba.

2023. szeptember 7-én este a csapat a repülőtéren készen állt a kiutazáshoz. A szállítást a Magyar Honvédség Szállítórepülő-század (MH vitéz Szentgyörgyi Dezső 101. Repülődandár, Kecskemét) 2018-ban beszerzett [6] Airbus A319-112 típusú, 604-es oldalszámú szállító repülőgépen történt. Ez nagyon jelentős segítség volt számunkra, mert így nem kellett csökkentenünk sem a létszámot, sem a felszerelést, és a megfelelő diplomáciai papírok birtokában a teljes felszerelésünket ki tudtuk szállítani. Az eszközök között még olyan járatágító kellékek is helyet kaptak, amelyeket civil repülőársaságok nem vállaltak volna.

A repülés Budapestről Adanába 2 órát tartott. Az előzetes tervek szerint Antalyába vitték volna a csapatot, a török szervek által kezdeményezett kitérésről a kontingenst csak a repülőgépen értesítették. A Magyar Honvédség segítsége nemcsak a kiutazás idejét csökkentette le, hanem a felszerelés biztonságban történő oda-juttatását is garantálta.

A horvát támogató kontingens sajnos nem volt ilyen szerencsés. Ők menetrend szerinti járáttal, isztambuli átszállással érkeztek, a felszerelésük nagy része ideiglenesen elveszett, és a mentés végéig nem is került elő. Előzetes egyeztetés szerint Adanából a török légierő helikoptere szállította volna a csapatot tovább. Ehelyett azonban csak két kisbusz érkezett a fogadásukra, amelyek terepjáró képessége nem volt az útviszonyoknak megfelelő. Tizenkét órás fáradságos utazással nézett szembe a csapat. Hajnalban, az autópályáról letérve már csak 40 km volt hátra, de így is majdnem 4 óra volt az út. A fennsíkra felérve kiderült, hogy a járművek nem képesek megbirkózni a feladattal, és a tábortól kb. 5 km távolságra feladták a küzdelmet. A sofőrök kirakatták a felszerelést, elbúcsúztak és otthagyták a csapatot.

Szerencsére a Jandarma és az AFAD értesült a problémáról. Néhány órán belül megérkeztek, és bekísérték a csapatot a táborba, ahol akkor már szigorú szabályok voltak életben. Érkezéskor fegyveres őrökkel ellátott

A barlangi mentés alapvetően két részből áll. Egyrészt az orvosi segítségnyújtásból, amelynek célja a sérült/beteg túlélésének biztosítása. Ez mindig az első feladat, amelyet kizárólag olyan orvosok, illetve egészségügyi szakemberek végeznek, akik a barlangi környezet lehetőségeivel és kockázataival is tisztában vannak. Ez a feladat általában kisebb logisztikai támogatást és emberállományt igényel. A mentés másik része a beteg/sérült biztonságos felszínre juttatása. Ez a tevékenység, a barlangi környezet jellegéből adódóan sokkal nagyobb feladat, jelentős számú magasan képzett barlangi mentő szakembert és számottevő felszerelés-mennyiséget igényel, valamint általában sok időt vesz igénybe. A mentő csapatoknak speciális képességekkel is rendelkezniük kell, a hordágy vízszintes és függőleges mozgatásán kívül, az alapvető betegellátáshoz is érteniük kell. A szállítás során természetesen az orvosok kísérik a mentőcsapatot, és folyamatosan monitorozzák a beteg állapotát. Olyan eset is történt már, amelynek során a beteg folyamatos orvosi ellátást igényelt és állandó infúziót is kapott, emiatt a mentés közben – még az aknák és a kötélhidak közepén is – folyamatosan legalább egy orvos tartózkodott a hordágy mellett.



beléptető áteresztő ponton történt a műveleti területre történő bejutás olyan szigorral, mint egy országhatár átlépésekor. A tábor a török hatóságok elkerítették és fegyveres őrökkel védték (6. ábra), így a barlangi mentők védelme teljesen biztosított volt. A beléptetést és a szükséges adminisztrációt követően, a már kint lévő társak köszöntötték a csapatot, és gyors tájékoztatást adtak a helyzetről. Azt követően bemutatták a tábor infrastruktúráját, majd ismertették az aznapi feladatokat. Az AFAD tájékoztatott a tábor rendjéről és a korlátozásokról. Arra az időre a tábor már kiépült, rendelkezésre állt tisztálkodási helyiség, pihenőhely és vezetési pont, valamint megoldottá vált az ételmezés. Szinte azonnal megkezdődött a magyar tábor kialakítása, a felszerelés kicsomagolása és a barlangi szállításra történő felkészítése. Erre kb. 2 óra áll rendelkezésre, az első hivatalos eligazítás ezután kezdődött.

Az AFAD parancsnoka elmondta, hogy a felszíni műveletekért kizárólag ők a felelősek. Probléma vagy kérdés esetén minden tőlük telhetőt megtesznek annak érdekében, hogy a gondokat megoldják. Bejelentették azt is, hogy hatáskörük a barlang bejáratánál véget ér. Ez a szakszerű hoz-

záállás jelentősen segítette a mentés sikeres kimenetelét, ugyanis az AFAD nem rendelkezik barlangi mentő képességgel. Barlangban dolgozni képes orvosai nincsenek, és állandó barlangi mentőszervezettel sem rendelkeznek. Néhány csoport ugyan már részt vett külföldi tanfolyamokon, de ők is csak kisegítő feladatokat képesek ellátni. A parancsnok a szakmai hiányosságot értékelve elmondta, hogy a jövőben kialakítanak egy olyan részleget, amelynek tagjai ilyen típusú mentésekre is kapnak kiképzést, és közös gyakorlatok szervezésére is lehetőséget lát.

Szeptember 9-én, pénteken összeállt a teljes barlangi mentőcsapat, amely a beteg állapotának stabilizálását, és szállítható állapotba hozatalát várta. Mark Dickey mentésén a már nemzetközire bővült orvosi csapat dolgozott. A BMSZ orvosnőjét 6 nap megfeszített munka után leválthatták, és elindulhatott a felszín felé. A beteg állapota továbbra is nagyon súlyos volt, az orvosok mégis a minél előbbi felhozatal mellett döntöttek folyamatos monitorozás és ellenőrzés mellett. A betegnek minél előbb kórházba kellett kerülnie, mivel a barlangi ellátás nem tudta garantálni a felépülését. A mentés módszerét hordágy-

HIVATKOZÁSOK

- [1] Injured explorer rescued from Germany's deepest cave after 12 days Philip Oltermann 19 Jun 2014, The Guardian (Letöltve: 2024.2.12.);
- [2] The full story of Thailand's extraordinary cave rescue, 14 July 2018, <https://www.bbc.com/news/world-asia-44791998> (Letöltve: 2024.1.10.);
- [3] Morca Cave and its speleogenesis, Ümit Günhan, Proceeding of the 18th UIS Congress - Volume II Explorations & History, 2022.;
- [4] Magyar Barlangi Mentőszolgálat hivatalos honlapja: <https://www.caverescue.hu/index.php/> (Letöltve: 2024.1.16.);
- [5] ECRA hivatalos honlapja: <https://caverescue.eu/> (Letöltve: 2024.1.16.);
- [6] Kelecsényi István Airbus A319-es repülőgépek a Magyar Honvédség állományában, Haditechnika LII. évf. – 2018/6, 22–26. o.; <https://doi.org/10.23713/HT.52.6.08>.

ban történő szállítással határozták meg, több pihenővel és vizsgálatlalt megszakítva. Korábban felmerült annak a lehetősége is, hogy egy sikeres barlangi terápia után akár saját erőből, mentők által asszisztálva is a felszínre indulhat a beteg. Ezt a változatot később az orvoscsapat elvetette a nyugalmi állapotban is hirtelen jelentkező panaszok miatt, és a terhelés hatására megnövekvő kockázatokat szem előtt tartva.

(Folytatjuk)

6. ÁBRA.

A tábor látképe. A sárga szalag a védett terület határát jelöli (Fotó: Zentay Péter)



HAJÓS BENCE*

EGY KATONAI

PROVIZÓRIUM-GYŪJTEMÉNY A TISZÁN

ÖSSZEFOGLALÁS: A magyar országos közúthálózat legkülönösebb hídja a tiszadobi pontonhíd. A szerkezet egy forgalmi sávon üzemel, a teherbírása 10 tonna, és az év egy részében nem használható. A híd elemei között négyféle katonai provizórium-család egy-egy elemét is megtalálhatjuk. A tanulmány bemutatja az egyes katonai provizóriumok polgári célú hasznosítását.

KULCSSZAVAK: pontonhíd, Herbert-híd, alumínium, provizórium, közúti híd

ABSTRACT: The pontoon bridge at Tiszadob is the most unusual bridge of the Hungarian national road network. The 170 m long structure has one traffic lane, has a load capacity of 10 tons and is not in operation for part of the year. Among the elements of the bridge, we can find one element each of four types of military bridge families. The study shows how individual military temporary devices were reused in the civilian bridge structure.

KEYWORDS: pontoon bridge, Herbert bridge, aluminium, temporary structure, road bridge

PONTONHÍD A TISZÁN

Északkelet-Magyarországon a Szabolcs-Szatmár Bereg vármegyei Tiszadob és a Borsod-Abaúj-Zemplén vármegyei Tiszalúc között egy különleges pontonhíd üzemel (1. ábra). Az úszóhídon az országos közúthálózat tartozó 3612 jelű Tiszalúcot Nagycserkessel összekötő út vezet át.

A szeszélyes Tisza folyón állandó pontonhíd nem üzemeltethető. A híd középső részét szükség szerint nyitni kell a hajóforgalom, az olykor az óriási szigetekre összeálló uszadék, valamint – sajnálatos módon – a folyón érkező kommunális hulladékalmok helyett is.

Üzemszünetet okoznak a nagyobb árhullámok és a téli időszak is, amikor a jégveszély miatt a hidat telőbe kell menekíteni. Abban az időszakban amikor a pontonhíd nem használható, párhuzamos üzemben egy köteles komp szolgálja az átkelést. E komp azonban csak nappal közlekedhet, jelentősen korlátozva ezzel az átkelést.

A tiszadobi pontonhídnak nemcsak a működése, a szerkezeti rendszere is különleges. Tanulmányunkban a pontonhíd egyes szerkezeti részeit mutatjuk be, mivel Tiszadobon immáron a polgári közlekedést szolgálva, négyféle hadihíd-rendszerem is megtalálható, különböző korszakokat képviselve. A pontonhidat emiatt akár sajátos katonai provizórium-skanzennek is nevezhetnénk.

A PONTONHÍD VÁZLATOS TÖRTÉNETE

Tiszadob ősi átkelőhelyről a legkorábbi hivatkozás az 1200-as évekből, Anonymus Gestájában olvasható! [1] Több évszázaddal később, a 19. század derekán, 1846. augusztus 27-én Tiszadobon gróf Széchenyi István első ünnepélyes kapavágásával megkezdődött a Tisza szabályozása. A szabályozás kettévágta a település határát, így az új folyómeder a helyi földtulaj-

donosok 4600 hold kiterjedésű szántóját és legelőterületét elválasztotta a községtől. A túlpárti földek megművelése érdekében az átkeléshez kompra volt szükség. [2] Az átkelést 1942-ig csak komppal, vagy ahogyan korábban Tiszadobon nevezték, hídassal bonyolították le.

A helyi forgalom mellett jelentős volt a Nyíregyháza és Miskolc közötti távolsági forgalom is, mert a két város közötti legrövidebb út Tiszadobon keresztül vezetett.

A révjog kérdése mindig komoly nézeteltéréseket okozott a község és a földbirtokosok között. Állandó vita tárgyát képezte a vámjog és révjog birtoklójának, valamint a szükséges javítások elvégzéséért felelős szakember személye. 1906-ban Andrassy Sándor és Andrassy Gyula pert indítottak a vámjog megszerzése érdekében, amelyet 1913. január 18-án, a Magyar Királyi Kúria döntése értelmében megnyertek. A korábbi, fából készült komp helyett 1913-ban az Andrassyak vaskompot építettek, amelyet 1919. november 4-én a megszálló román csapatok elsüllyesztettek. Utóbb a vaskompot nagy költséggel kiemelték a Tiszából, és megjavították. [3]

Az I. világháborút követően az új országhatár miatt átalakultak a közlekedési igények és irányok, az átkelő forgalma jelentősen növekedett, az igényeket a kompjárat már nem tudta kielégíteni. 1926-tól nagy harc indult meg, hogy Polgáron vagy Tiszadobon létesüljön-e állandó Tisza-híd. Az új közúti híd Tiszadob lakosságának

* Hidász mérnök, Év hidásza 2012, Első Lánchíd Bt. ügyvezető. ORCID: 0009-0008-8621-470X

1 Anonymus: Gesta Hungarorum: „Miképpen mentek Bihar ellen? Árpád vezér küldöttei: Ösbő meg Velek a Tisza folyón a Lúcrévnél átúszattak.”





minden törekvése ellenére, 1941-ben Polgáron épült meg. Tiszadob, ha állandó hidat nem is, de egy úszóhidat kapott. 1942. november 11-én összeállították a pontonhidat, amely a Magyar Királyi Kincstár tulajdonát képezte, míg üzemeltetője Szabolcs vármegye, kezelője a Nyíregyházi Magyar királyi Államépítészeti Hivatal által kirendelt hídmester volt. A pontonhídon a forgalommal együtt a vámszedés is megindult. A hírhoz tartozott 12 hídhajó, amelyek 45 és 40 tonna teherbírásúak voltak. A hídszerkezet középső, 49 m-es tagja nyitható volt a hajóforgalom számára. [5]

A pontonhidat 1944. november 8-án a visszavonuló német katonák felrobantották, majd a románok néhány hónap múlva katonai pontonhidat építettek a helyén, amely megközelítőleg egy évig szolgálta a forgalmat. A háború után a hadsereg a hidat elbontotta és elszállította, így a község ismét híd nélkül maradt.

Szegeden közúti híd épült és 1948-ban Tiszadob ígéretet kapott, hogy megkapják a korábbi szegedi pontonhidat. 1950-ben a Szegeden felszabadult pontonhidat Tiszadobon állították ismét üzembe. Azóta kisebb átalakításokkal, újítgatásokkal, elemcserékkel a híd ma is üzemel.

1962-ben vasbeton cölöpökön álló új alacsony és magas vízállású hídfőket építettek, a két hídfő közötti átállást segítő átemelő berendezéssel. A különböző magasságú hídfőkkel jelentősen nőtt a pontonhíddal kiszolgálható vízszinttartomány. [4]

A következő nagyobb átalakítás 1986–88-ban történt. Akkor előbb a fa kerestartókat cserélték alumínium gerendákra, majd a pontonokon található máglyaszerkezeteket is átépítették fáról alumíniumra, ezzel je-

lentősen csökkent a hídba beépített faanyag mennyisége.

1991-ben a Tiszalöki Vízerőműnél nagy mennyiségű összegyülekezett uszadékot engedtek el egyszerre, amelyet nem jeleztek előre a pontonhíd kezelőjének. A híd zárva maradt, ezért a levonuló uszadék jelentős károkat okozott, szétszakítva a szerkezetet. A jobb parti Herbert-tag leszakadt a helyéről és a hídfőtől kb. 20 m-re elsüllyedt, míg a középső, nyitható tagot 1 km-rel távolabb sodorta a víz, ahol az is elsüllyedt. Az acélszerkezetek lokálisan deformálódtak, néhány 400 mm-es acél I-tartót szabályosan összehajtogatott a Tisza. A helyreállítás egy évig tartott, a munkálatokat csak 1992-ben fejezték be. [4]

A folyamatosan munkát adó korrózióvédelmi felújítások, a faanyagok cseréje, a tartozékok javítása mellett az új évezredben sikerült a híd mozgását segítő fejlesztéseket elvégezni.

A legösszetettebb és legtöbb koncentrált erőforrást igénylő munka a híd összeállítása és szétszerelése. Ezt a feladatot segítő szerelési segéd alapteszteket, és ehhez rendszeresített fel- és lehúzó segédgerendákat készítettek, a korábbi csúszkákat görgős kocsiakra cserélve. Néhány csőrő elektromos üzeműre váltása csupán a legutolsó évek fejlesztési eredménye, ugyanis a géphajó és a szivattyú kivételével minden egyéb hídmozgatás kézi erővel történt (kézi csőrők, fogasemelők, kétkarú emelők, kézi olajhidraulikák, rombolócsőrő, kötélvonszoló stb.). [5]

A PONTONHÍD SZERKEZETI BEMUTATÁSA

A 170 m hosszú pontonhíd szerkezeti- leg egy-egy hosszabb fel-, illetve lejáró hídnílásból, és a tulajdonképpeni pontonhídból áll. A 30 m támaszközű

acélrácsos fel-, illetve lejáróhidak az egyik végükön a kis-, vagy nagyvízi hídfőkre, míg a másik végükön a legközelebbi páros pontonra támaszkodnak. A közbenső szakasz 10 úszótagból, és az azokra támaszkodó vegyes (acél, alumínium és fa) anyagú felépítményből áll.

A híd parti tagjai Herbert-hidak, támaszközük 30 m. Az I. világháború előtt rendszerbe állított magyar hadihídnak ez az utolsó közúti közlekedést szolgáló tagja.

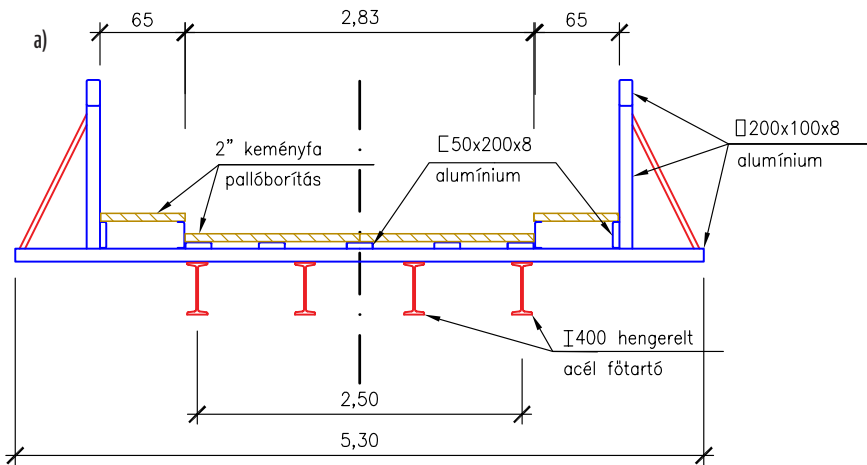
Az acéllemezből készült 3,5×8,0 m-es úszótagok (egyenként 30 m³) különböző időszakokban készültek, ezért nem teljesen egyformák. Az üzemben lévő pontonok darabszáma 16 (5 iker és 6 szóló). A biztonságos üzemhez és a híd mozgatásához további pontonok szükségesek. Minden ponton ellátható orr- és farcsőrővel.

A felszerkezetet a pontonok felett alumínium zártszelvényekből készült máglya támasztja alá. A pontonokra támaszkodó hídnílások 4–4 db I-400-as hengerelt főtartóból, az azokra fektetett 100×200 mm-es alumínium keresztgerendákból, és I-300-as acél végkeresztartókból állnak. A pallóterítést a keresztartók

1. ÁBRA.
A tiszadobi pontonhíd a folyó befolyási oldaláról nézve (A szerző felvétele)

2. ÁBRA.
A tiszadobi pontonhíd kocsi pályánézete Tiszadob felől 2014-ben (A szerző felvétele)





3. ÁBRA.
A tiszadobi pontonhíd közbelső kilenc nyílásának keresztmetszete (a hajózányilás csatlakozásánál, nyitott állapotban) b) és műszaki rajza a) (A szerző felvétele és szerkesztett rajza)

felett 9 db, nyílással lefelé fordított 200×50×8 mm-es alumínium U-szelvényű hossztartó tartja. A hídon végig egyrétegű, 2"-os keresztirányú keményfa palló burkolat található.

A pontonhíd közbelső szakaszának főtartóját adó, 400 mm magas acélgerendák alkotják a pontonhíd második hadihídelemét, míg az említett alumínium alkatrészek a harmadik féle hadihídelemet.

A kocsi pályája szélessége 3,03 m (a Herbert-hídon), illetve 2,83 m (a Herbert-hidak között). A korlát alumínium zárt-szelvényből készült.

A Herbert-hidak végein, valamint a fix és a kiúzó tagok között statikai célból csuklókat, illetve acél csúszólemez dilatációs szerkezeteket építettek be.

A pontonhíd hídtengelyben tartását és az úszó hídrészek mozgását egyrészt a parti drótköteles csörlők, másrészt a fenékhorgonyokhoz rögzített drótköteles csörlők biztosítják. A mozgató másik eszköze két BMK-130 típusú katonai vontató mo-

torcsónak, amely a szerkezet negyedik katonai hadihíd eredeti eleme.

A támaszkövek, illetve a pontonközzepek (esetenként a pontonpár-közep) távolsága a szelvényezés irányában, sorrendben: 30,0 + 11,7 + 12,3 + 2 × 12,2 + 12,3 + 3 × 12,2 + 11,7 + 30,0 m, összesen 169,0 m.

A két bejáró Herbert-híd közötti szakasz három részből áll: a 11,7 m hosszú kis fix tagból (jobb parti), a 49,0 m-es kiúzó tagból (hajózányilás) és a 48,3 m hosszúságú nagy fix tagból (bal parti). (3., 4., 6. ábra)

A hídon 10 tonnás súlykorlátozás, 5 km/h-s sebességkorlátozás, és a tehérgépkocsik számára 100 m-es legkisebb követési távolság az érvényes előírás. [6] (2. ábra)

A HERBERT-HÍD

Herbert Ferenc (1858–1929) utász vezérőrnagy (5. ábra) korának egyik legkiválóbb műszaki katonai szakembere volt, számos újítás feltalálója, amelyek közül a leghíresebb a róla el-

nevezett moduláris hadihíd rendszer. Pályafutásáról részletes tanulmány olvasható Balla Tibor és Padányi József tollából a Műszaki Katonai Közlönyben. [8]

A nevével fémjelzett közúti hadihíd moduláris rendszerű, tág határok között változtatható támaszközzel és teherbírással. Az Osztrák–Magyar Monarchiában rendszeresített szerkezet főtartója háromövé, térbeli acélrácsos tartó, csapos-csuklós csomóponti kapcsolatokkal. Egy főtartó két alsó övvel és egy felső övvel rendelkezik, így keresztmetszetét tekintve egyenlő szárú háromszöget képez.

Kereszttartóik I-340-es szegecselt gerinclemezes tartók, míg hossztartóik I-160-as szegecselt tartók, amelyre keresztirányba helyezett fa pallóborítás adja a kocsi pályát.

A Herbert-híd modulmérete 2,5 m, így ennek egész számú többszöröse lehetnek az alkalmazott támaszkövek. Tiszadobon 12 modulból álló, 30 m támaszközzel nyílások találhatók.

A Herbert-hídat számos esetben sikeresen használták az I. világháború időszakában. Az egyik nagy és emlékeztető alkalmazása ennek a hadihíd-rendszernek a medvei pontonhíd építése volt. Az első bécsi döntés után, 1938. november 6-án vitéz Temessy Milán altábornagy a csapataival ezen a pontonhídon kelt át a Dúnán. (7. ábra)

A II. világháború után számos helyen alkalmazták ideiglenes megoldásként, ezek közül az utolsónak mondott helyszín a túrkevei Hortobágy-Berettyó-híd volt, amelyet 1996-ban bontottak el, utódjaként állandó jellegű új hidat építve. (1. táblázat) Az el-



bontott szerkezet egy része méltán került a kiskőrösi Úttörténeti Múzeum tulajdonába. A Herbert-híd a múzeum korszerűsítésekor, az épület elé épített bejáróhídként a gyűjtemény jelképe lett.

Az egykori Herbert-hidak közül valójában nem a túrkevei híd, hanem a tiszadobi pontonhíd az utolsó. Tiszadobon a beépített két 30 m-es nyíláson kívül számos tartalékalkatrészt is őriznek, a híd tervdokumentációjával együtt. Az 1991. évi uszadék-havária-helyzet után, néhány elemet a hídban javítani kellett.

A hosszú Herbert-nyílások nélkül nem lehetne kiszorgálni a Tisza vízszintváltozását, ezért a pontonhídnak ezek a nyílások fontos részei. A telelőbe történő szállítás legkomolyabb kihívása a Herbert-nyílások leemelése a hídfőről, és átmálházása az úszótárgokra, ahonnan tavasszal visszahelelyezhetők ismét a hídfőre.

A mozgatás technológiáját a Tisza határozza meg szeszélyes vízjárásával. Kedvező árhullámmal, megfelelő időben a bejáróhíd alá készített üres pontonokkal lehetséges a gyors kiemelés, minimalizálva a járulékos munkákat. De apadás esetén a partél eltávolodik a hídfőktől, és a Herbert-nyílásokat szerelőpályán fáradságos munkával kell a mederbe eresztetni. A legpontosabb koreográfia szükséges ahhoz, hogy a szerelőpálya végén a híd pontosan úgy érjen az odakészített pontonokra, hogy azok a terhét megfeleklés nélkül átvegyék.

A tiszadobi pontonhíd mozgatása elképzelhetetlen lenne az évtizedek tapasztalata, és az összeszokott hidászok nélkül, akiket Mészáros Sándor pontonhíd művezető irányít.

ANGOL-AMERIKAI HADIHÍD ACÉLGERENDÁK

A II. világháború után jelentős mennyiségű külföldi hengerelt acéltartót építettek be a magyar közúti hidakba. E tartók eredetének részletei nem ismeretesek, beszerzésük körülményeit nem sikerült eddig kikutatni. Az alkatrészeket vélhetően háborús maradék anyagból sikerült kedvezményes áron megvásárolni. Az acéltartók az újjáépítés során, a mérhetetlen alapanyaginségben igen értékes kincsnek számítottak.

Magyarországon hidvizsgálatot végző szakember gyakran találkozhat olyan árulkodó jelekkel, ami a külföldi alapanyagra utal. A legegységelműbb jel, ha fellelhető a tartó gerincén lévő hengerlési jel, pl. „Dorman Long & Co Middlesbrough England”, vagy a tartó darabolása miatt ennek töredéke.

Egy másik árulkodó jel a tartók szelvényének mérete, amely eltér a hazai tartók metrikus szelvénytípusától. További feltűnő jelek a tartókon lévő lyukak, vagy akár azok behegesztett változatai, ugyanis e hadianyagok eredetileg csavarozott híd szerkezet részét képezték. Van olyan közúti hidunk, amelyben még négylapfejű egyedi csavarok is láthatók.

Az amerikai hadsereg megrendelésében Angliában hengereltek hídgerendákat, természetesen az angolszás szelvényrendszerben. Az acél szilárdságát az önsúly csökkentése érdekében növelték, ami azonban alapvetően rontja a hegeszthetőséget. [9]

A tiszadobi pontonhíd közbelső kilenc nyílásának 400 mm magas főtartója is ilyen háborús katonai provizórium-készletből származik. Ezt mutatják a gerincén található hengerlési jelek, és az eredeti csavarkapcsolatokhoz tartozó, ma feleslegesnek látszó lyukak.

A MAGYAR ALUMÍNIUM HADIHÍD: A PHHO

Az alumínium tartószerkezeti alkalmazásában hazánk az 1950-es évek elején élen járt. Nálunk épült meg az első teljesen alumínium pontonhíd, és az első állandó jellegű alumínium közúti híd Szabadszálláson. Egy-egy kísérleti



5. ÁBRA.
Herbert Ferenc
vezérőrnagy [8]

építmény után azonban ennek a fejlesztési iránynak nem volt folytatása.

Az 1950-es évek legelején kifejlesztett magyar alumínium úszóhidról alig lelhető fel szakirodalom. A PHHO (Pontonos Hadi Híd Oszlop) nevű hadihíd rendszerről Bokor András mérnök százados írt részletes tanulmányt [10], amely a Haditechnika műszaki-tudományos folyóirat legelső évfolyamának nyitó számában jelent meg.

Az alumínium, mint könnyű alapanyag időről időre előkerül a katonai hídépítésben, amit jól tükröz a Haditechnikában olvasható számos nemzetközi kitekintő írás is. A témában publikált két legutóbbi tanulmány azért is érdekes, mert már a NATO STANAG 2021 szerinti teherbírási osztályok rendszerében tárgyalja az alumínium hídrendszereket. [11] [12]

Az alumínium-ötvözetek vitathatatlan előnyeik ellenére nem váltak be, ezért a kifejlesztett magyar alumínium hadihíd nagyon rövid ideig volt támogatott elképzelés. Alig fél



6. ÁBRA. A jobb
parti Herbert-nyílás
pontonokra csúsztatása a
segédgerendákkal [7]

Ssz.	Híd neve	Építés	Bontás
1.	Szolnok, Tisza-híd szerelőállványa	1946	1947
2.	Mecsekúdasd, Bolond úti völgyhíd építési szerkezet	1953	1954
3.	Kocsord, Kraszna-híd	1950	1954
4.	35. sz. főúti KFCS építése	1953	1955
5.	Siójut, Sió-híd újjáépítési provizórium	1961	1962
6.	Szolnok, Tisza-ártéri-híd építési állvány	1959	1963
7.	Mezőkomárom, Sió-híd építési provizórium	1962	1963
8.	Újiráz, Sebes-Körös-híd	1949	1966
9.	Miskolc, Vay úti Sajó-híd provizórium	1945	1968
10.	Árpás, Rába-híd provizórium	kb. 1946	1971
11.	Debrecen, Homokkerti felüljáró építéskor gyalogos híd	1969	1973
12.	Császártöltés, Dunavölgyi-főcsatorna-híd átépítése	1975	1975
13.	Hortobágy, Kilenclyukú híd építési provizóriuma	1981	1981
14.	Túrkeve, Hortobágy-Berettyó-híd	1947	1996

1. TÁBLÁZAT.

A II. világháború utáni időszak fontosabb további Herbert-híd alkalmazásai (A szerző szerkesztése és gyűjtése)

évtizeddel a megépítése után, Bokor a publikációjában lényegében, mint fejlesztési zsákutcát említi.

Az alumínium PHHO tervezését Benedek Pál irányította. A csapatában dolgozott Seregi György is, aki a híd megépítését is nyomon követte. A fejlesztésben vezetőként közreműködött dr. Feimer László professzor, Habinyák Elemér mérnök, továbbá Denifleé Sándor mérnök (Csepeli Fém-művek) és Hankóczy Jenő hajótervező mérnök (Váci Hajógyár). [13]

Az alumínium hadihíd teherbírása – a főtartók száma és az azokra helyezett pallóterítés függvényében – 16, 40 vagy 60 tonna volt. A rendszer előnye a kis önsúly. A PHHO főtartója téglalap keresztmetszetű zártszelvény volt, 100×200 mm befoglaló mérettel. A hidegen sajtolt szelvény falvastagsága a rövidebb oldalon 8 mm, a hosszabb oldalon 6 mm volt. A hosszartók végeit kapcsolószerkezettel látták el. A 6,46 m hosszúságú főtartó tömege 66 kg volt, amit két fő kézi erővel is tudott mozgatni.²

A kis elemsúly nagy előnyt jelentett – összehasonlításként a N2P híd hosszartója 230 kg, míg az NPO-rendszeré 306 kg, igaz ezeknél egy keresztmetszetbe kevesebb hosszartó beépítése volt szükséges.

A kapcsolószerkek kivételével a PHHO minden alkatrésze légmentesen zárt volt annak érdekében, hogy a vízen lehessen úsztatni, valamint azért, hogy a híd esetleges károsodásakor kisebb legyen a veszteség.

Miután a frissen kifejlesztett PHHO katonai szempontból nélkülözhetővé vált, az alumínium pontonhidat polgári célokra ajánlották fel, és 1956-ban, Tápénál felállították a Tiszára. (8. ábra) A katonai hídszerkezet üzemeltetését előbb a Hódmezővásárhelyi Útfenntartó Vállalat, majd a Közúti Igazgatóság végezte.

A pontonhídon csak 10 tonna volt az engedélyezett maximális terhelés, ezért párhuzamosan kompot is üzemeltettek. A kompátkelés fej-

lesztésével a pontonhíd használata háttérbe szorult, majd 1968-ban a teljes forgalom a kompra terelődött, ezért a pontonhidat elbontották.

Az értékes alumínium elemeket a legkülönbözőbb helyeken igyekeztek hasznosítani, többek között az 1970-es és '74-es árvízi védekezésben segédszerkezetekként stb. A PHHO-t a honvédség hozzájárulásával 1981-ben leselejtezték. [15]

A híd elemeinek átminősítése és szétbontása után nyílt lehetősége a tiszadobi hidászoknak arra, hogy saját pontonhídjukhoz újrahajósítsák a felszabadult alumínium elemeket begyűjtésük. Két fordulónyi alumínium anyagot vittek vízi úton a Tiszán Tápéról Tiszadobra. Azóta egyértelművé vált, hogy az alumínium gerendák nemcsak a hídba építve, hanem mindenféle segédszerkezet esetében is rendkívül praktikus anyagnak bizonyultak.

A BMK-130 MOTORCSÓNAK A PONTONHÍD LEGFONTOSABB TARTOZÉKA

A BMK-130 vontató motorcsónak a PMP típusú szalaghídhöz rendszerezített, közúti vontatásra alkalmas behajtható mankókerekkel rendelkező vízi jármű, amely az eszköz vízre tételét nagyon meggyorsítja. [16]

A szovjet tervezésű motorcsónakot pontonhíd mozgatására, irányban tartására és áthajózási kompok mozgatására fejlesztették. A motorcsónak ideális eszköz a pontonhídnál felmerülő vízi mozgatók és munkák ellátásához.

A tiszadobi pontonhíd egyes műveleteihez a géphajó nélkülözhetetlen (pl. teletől történő felúsztatás során, uszadék betételésekor a hajózó nyílásba), más műveleteket ugyanakkor hatékonyan gyorsít (pl. teletől történő költözködés).

A BMK-130 jelű motorcsónakot a tiszadobi üzem igényeihez alakították át. Lebontották a mankókerekeit bedobozolva azok fészkeit, javítva a hajótest áramlási tulajdonságait. Így a motorcsónakot azonban már nem lehet segédeszköz nélkül kiemelni a vízből, ezért egy külön utánfutót készítettek segítségül a téli és karbantartási partra vételhez.



8. ÁBRA. A tápéi alumínium pontonhíd a Tiszán (üzemben 1956-1968) [14]

2 Mészáros Sándor tiszadobi pontonhíd művezető mérési után.



7. ÁBRA.
A medvei katonai pontonhíd
Herbert-hídmezőkkel, 1938-
ban (Forrás: Fortepan / Nagy
István / 264154)

A BMK-130-as motorcsónak a pontonhíd működésének legfontosabb eszköze. 2004-ben a pontonhíd üzembiztonságát átvizsgálva ezért egy tartalék hajó rendszerbe állítását tűzték ki célul, hogy az üzemelő, koros BMK-130 bármilyen meghibásodása esetén rendelkezésre álljon egy alternatív elérhető eszköz. A tiszadobi pontonhíd üzemnek ebben a Magyar Honvédség nyújtott segítséget, amely térítésmentesen adott át egy selejtezett BMK-130 motorcsónakot a hidat üzemeltető Magyar Közút számára. E második motorcsónakot a hídkezelők igyekeztek a legnagyobb körültekintéssel felújítani, és levizsgáztatni a korábbiakhoz képest lényegesen szigorúbb hajózási előírások szerint. A hajó teljesen új motort és hajtásrendszert kapott. Az eredmény egy katonai célú hajótestbe bújtatott finom gépészet lett.

A Pöröly névre keresztelt második motorcsónak üzembiztonsága lényegesen nagyobb, mint a régi BMK-130 társáé, de a pontonhídnál szükséges manőverezéseknél, erő-kifejtésekben sajnos gyengébbnek bizonyult. Így két géphajó eltérő képességekkel segíti a pontonhíd mindennapjait.

ÖSSZEGZÉS

A tiszadobi pontonhíd sajátos skanzenjét képezi a katonai hadihíd ele-

meknek. A híd építéstörténetének és szerkezeti rendszerének megismeretése mellett részletesen tárgyaltuk a hídnál fellelhető négyféle hadihíd-elemet.

A négy katonai eredetű hídelem négy korszakot ölel át, amelyeket időrendben mutattunk be. A pontonhíd legöregebb része a két 30 m támaszközü bejáróhíd. E Herbert-hidak fejlesztése Herbert Ferenc kiváló műszaki szakemberhez kötődik. Tiszadob a Herbert-hidak utolsó szolgálati helye.

A II. világháború korszakára emlékeztet a pontonhíd közbenső szakaszának főtartója, a 400 mm magas acél I-tartó, ami hengerlési jeleinek tanúsága szerint részben egy eredeti amerikai-angol gyártású hadihídből származik.

Az 1950-es évek építéstechnológiai útkeresésének emlékei a pontonhíd alumínium gerendái, amelyek az egykori első, teljesen alumínium alapanyagú pontonhídból származnak. Ez a rendszer PHHO néven jelent meg, és rövid katonai pályafutása után, Tápén polgári célú pontonhídként hasznosították 1956 és 1968 között.

A tiszadobi pontonhíd negyedik, legfiatalabb katonai eleme a két BMK-130 típusú motorcsónak, amelyeket joggal nevezhetünk a pontonhíd kulcselemeinek, mert a mindennapi üzembiztonsághoz ezeknek a vízi járműveknek a hadrafoghatósága nélkülözhetetlen. ■

HIVATKOZÁSOK

- [1] Anonymus. (2022) Gesta Hungarorum: Béla király jegyzőjének könyve a magyarok cselekedeteiről, fordította Pais Dezső, Budapest, Könyvtárellátó Nonprofit Kft. Online: <https://mek.oszk.hu/02200/02245/02245.htm>;
- [2] Ihrid Dénes szerk. (1973) A magyar vízszabályozás története, Budapest: Országos Vízügyi Hivatal, 1973.;
- [3] Kusniczki Gyula. (1961) Tiszadob monográfiája. Szakdolgozat, Debrecen.;
- [4] Magyar Közút NZrt. Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei Igazgatóság Hídtervtára, P3917, Tiszadobi pontonhíd terv és iratanyaga.;
- [5] Hajós Bence szerk. (2016) Hidak Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében, Budapest: Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ. https://hidak.hu/konyvek/Hid2017_Szabolcs.pdf (Letöltve: 2024.2.18.);
- [6] Jójárt János, Hajós Bence. (2005) Pontonhidak az ezredfordulón. In: Hajós Bence (szerk.): Közúti hidász almanach 2004, Lánchíd füzetek 1. Biri: Első Lánchíd Bt. pp. 192–208. https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_01.PDF (Letöltve: 2024.2.18.);
- [7] Veczán László felvétele.;
- [8] Balla Tibor, Padányi József. (2022) Műszaki kiválóságok: Herbert Ferenc, Műszaki Katonai Közlöny 32(2), pp. 43–54. <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.2.3> (Letöltve: 2024.2.18.);
- [9] Németh István (2016) Csavarozott amerikai hadihidak anyagából hegesztett toldásokkal épült hídjaik statikai célvizsgálatának tapasztalatai. Kézirat.;
- [10] Bokor András. (1956) Úszó hadihidak fejlődése és a további fejlődés távlatai. Haditechnikai Szemle, 1(1), pp. 26–29. https://real-j.mtak.hu/11685/1/Haditechnika_1956.pdf (Letöltve: 2024.2.18.);
- [11] Gulyás András, Vas József. (2003) Korszerű főtartók alacsonyvízi hadihidakhoz I. rész, Haditechnika, 37(4), pp. 2–6. https://real-j.mtak.hu/11724/1/Haditechnika_2003.pdf (Letöltve: 2024.2.18.);
- [12] Gulyás András, Vas József. (2004): Korszerű főtartók alacsonyvízi hadihidakhoz II. rész, Haditechnika, 38(2), pp. 9–11.;
- [13] Seregi György. (2013) Alumínium kikötőhíd a pesti Duna-parton, MAGÉSZ Acélszerkezetek, 10(1), pp. 34–37.;
- [14] Magyar Környezetvédelmi és Vízügyi Múzeum, Duna Múzeum / DM-TK-24.1015.81.;
- [15] Tóth Ernő szerk. 2003. Hidak Csongrád megyében, Szeged: Csongrád Megyei Állami Közútkezelő Kht. Online: https://hidak.hu/konyvek/Hid2003_Csongrad.pdf (Letöltve: 2024.2.18.);
- [16] Szabó Sándor, Kovács Zoltán, Tóth Rudolf. (2012) A NATO tagországok korszerű műszaki technikai eszközei és felszerelése II. Katonai Műszaki Közlöny, 22(1) 29–54. Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012_1_02%20A%20NATO%20tagorsz-ok%20techn-i%20eszk-i%20II-%20Szab%20C3%B3-Kov%20A1cs%20T%20C3%B3th.pdf (Letöltve: 2024.2.18.).



HAJDU PÉTER*

A MAGYAR PHÖNIX C.I-ES REPÜLŐGÉPEK TÖRTÉNETE III. RÉSZ

14. ÁBRA. A szombathelyi nyitójárat indulása a rákosi „Aero napon”. A képen az aszódi gyártású Phönixek mindhárom motorverziója látható: a H-OP.9-es 225 LE-s Daimler, a H-OP.15-ös 200 LE-s Daimler és a H-OP.18-as 230 LE-s Hiero motorral (Forrás: Winkler Aero Archiv)

A szerző cikksorozata az első két részben bemutatta a Phönix C.I repülőgép fejlesztését és magyarországi alkalmazását, kitérve az eddig ismert harci bevetésekre. A publikáció befejező részében a civil repülőgéppé átalakított Phönixek történetét ismerhetjük meg.

A LLOYD PHÖNIXEK CIVIL JELZÉSSEL

Az 1920 elején magyar kézben lévő repülőgépgyárak a megmaradt nyersanyagok és szerszámgépek segítségével legyártottak néhány repülőgépmotort, és hozzávetőleg 40 új repülőgépet [48; 793. o.]. A gyárak termelésére a dokumentumok hiányában kizárólag a repülőgépek jelzésrendszere alapján tudunk következtetni. Ezeknek kb. az egynegyede volt együléses²³ harci gép. A maradék háromnegyed rész kétüléses volt, amelyeket két repülőgépgyár állított elő. [48] [49] [50] A MARE²⁴ 1920 elejéig még összeszerelt legalább 3 db 369-es sorozatszámú Hansa-Brandenburg C.I (H-EB.1-től jelzéssel)

és 6 db UFAG C.I (H-EC.1-től jelzéssel) felderítőgépet. [48] [51] Az U.C.I-k némileg átépítve „NL sportgépként” kerültek a repülőcsapatokhoz. Ugyanis a gyárat márciusban megvette a Neuschloss-Lichtig Flugzeugwerke und Holzindustrie AG, amely elsősorban bútorgyártással foglalkozott. A „repülőgépgyártás” kifejezés alatt ezt követően már csak javításokat és néhány prototípus építését lehetett érteni.

A másik beszállító az aszódi Lloyd repülőgépgyár volt, amely még 1919 végén harci repülőgépeket ajánlott megvételre [52] a román főhadiszállásnak. Az adásvétel azonban meghiúsult a románok szerinti túl magas ár miatt. Mindez jelzi, hogy voltak még kész-félkész repülőgépek a gyárban, és a román zsákmányolás után még maradt egy minimális gyártási kapacitás. Ennek kiegészítéseként a hazai repülőmotor-gyártás is beindult a MÁG-nál és a Ganz-FIAT gyárnál, de csupán néhány darabos szériák készültek el [48; 796–800. o.]. Az új magyar azonosító számok alapján

tudunk a termelésre következtetni, például ismerjük a 1097–H 206.4 jelzésű [48] 200 LE-s Hiero motort. A román források említik, hogy a bécsi Sterzog cég budapesti képviselője repülőket, valamint 230 LE-s és 240 LE-s Hiero, illetve Austro Daimler motorokat is kínált megvételre számukra [52], de ez az üzlet is meghiúsult a túlzottan magas ár miatt. A későbbi magyar jelentésekből is kitűnik, [48; 796–800. o.] [53] [68], hogy idővel megugrott a repülőmotorok száma, ami nagyrészt a megsemmisítésre kijelölt osztrák készletekből [48; 796–800. o.] [53] származhatott. Ugyanakkor ismert az a 1920 augusztusi incidens [54] is, amikor osztrák vámosok 2 autót tartóztattak fel a határon, amelyek „aero anyagokat” hoztak volna be a Magyarországra.

Az aszódi Phönixek a jellegzetes megfigyelő körsínnel készültek [55], amiket még 1920 nyaráig megtartottak, és csak utána szerelték le és alakították át a hátsó ülést az elsővel

* Repüléstörténeti kutató, szakíró. ORCID: 0000-0002-8841-4173

23 Az együléses repülő típusai és lajstromszámai bővebben: Haditechnika 2020/4. 66–68. o.

24 Magyar Repülőgépgyár Rt., német nevén UFAG (Ungarische Flugzeugwerke A.G.).

megegyezőre. [49] [50] [56] Lajstromszámuk H-OP.1-től²⁵ kezdődött, a legmagasabb ismert szám a H-OP.20 volt. [55] [56] Több magyar, illetve külföldi tanulmány a H-OP azonosítójú repülőket tévesen osztrák eredetűnek tartja, (míg a H-HP-t magyarnak). Ez a feltételezés azonban nem igaz, mert a géppuskakörgyűrűk, a motorlemez és a Lloyd-os gépek tipikus zárt motorfedele egyértelműen meghatározzák a gyártási helyeket. A repülők teljesen civil festést, a törzs gyárilag lakkozott fát, a hordfelületek világos lakkozott vászonborítást kaptak. A motorburkolat természetes fémszínű, a kormánysíkok fehérek, míg az azonosítószám fehér alapon fekete betűkkel látható. [57]

A legyártott aszói Phönixeket három²⁶ különböző típusú motorral szállították le [14. ábra]. A fényképek alapján 225 LE-s Daimler-motort kaptak a H-OP.1, H-OP.4, H-OP.6, H-OP.9, H-OP.10, H-OP.11, H-OP.12, H-OP.17, H-OP.20 jelzésű példányok. Kisebb teljesítményű 200 LE-s Daimler-motort szerelték fel a H-OP.1, H-OP.15, H-OP.16, H-OP.19 repülőket. A legerősebb 230 LE-s Hiero motorral látták el a H-OP.2, H-OP.8, H-OP.18 gépeket. A H-OP.1-es használt 200 és 225 LE-s Daimler-motort

is, itt csak annyi támpontunk van, hogy egy 1920. november 19-én deklált fotón [58] 225 LE-sel szerepel, és a motorház át van festve, ami későbbi javításra utal.

A rendelkezésre álló repülőgépmotorok is több helyről származtak, például, ha megvizsgáljuk az 1919–1921-ben Magyarországon használt 230 LE-s Hiero motorok jelzéseit, nyilvánvaló, hogy a többség még a monarchia idején, a háború alatt készült. Találunk eredeti bécsi Hiero gyártásút (34230 számú), és voltak a licenszben építettek pl. a bécsi FIAT gyárból (34890, 34407 sz.), a prágai Breitfeld-Danek üzemből (35002 sz.) és a budapesti Ganz-FIAT gyárból (35212, 35213 sz.) is. A Ganz-FIAT a román kivonulás után még összeszerelt néhány új magyar jelzésű 230 LE-s Hiero motort (Hg230.8 sz) is. [59] [60] [48] [51] Ezt a változatosságot fényképek is tanúsítják, hiszen a H-OP.2-es hat kipufogócsöve egy vonalban van, ezzel szemben a H-OP.18-as kipufogói az enyhe lépcsőzetesség miatt kései szériára utalnak. A Hiero motoros aszói repülőket egyes – nem tudományos – cikkekben már osztrák eredetűnek tartják, ami téves, hiszen az előbb említett H-OP.2-est tipikus Lloyd megfigyelő körsínnel ábrázolják.



A HASZNÁLT, JAVÍTOTT PHÖNIXEK

A H-J.xx lajstromszámú repülőgépek között is voltak Phönixek. A „J” jelzéssel ellátott – vélhetően „Javított” – repülők a korábban a monarchia, illetve a tanácsköztársaság alatt gyártott és használt gépeket takarta. [48] [51] [64] A megmaradt repülőgépeket összegyűjtötték (főleg Szegedről és Szombathelyről), és a használhatókat újra üzembe helyezték. A gépanyag újra repülőképesé tételében a főszerep a szegedi Repülőgép-javító Műhelyé volt, amely azonban csak 1920 márciusától tudott újra üzemelni. [48] [65] [72]

15. ÁBRA. A H-OP.12-es orrán, a repülőgép műszaki paramétereinek között szerepel egy 60-as szám. Egyes vélemények szerint ez a gyártási sorszám (49.60?), erről azonban nincs hivatalos forrás (Forrás: Winkler Aero Archiv)

16. ÁBRA. Az egyik legismertebb kép a MAEFORT postarepülőiről. A H-OP.18-as törzse eredeti lakkozással látható, a motorlemez fémszínű. A H-OP.1-es átesett egy motorcserén, a törzsét és a motor takarólemezét már átfestették (Forrás: Winkler Aero Archiv)

25 A H-OP lajstromszámában az „O” az aszói Lloyd gyár, a „P” Phönix C.I típusjelzése, de „P” a Postarepülőre való utalás is lehet egyben. (A többi típusjelzést abc sorrend szerint osztották ki.)

26 A motor beazonosításához támpontot adnak a [55] [61] [62] [63] forrásokban szereplő fotók és ábrák.



17. ÁBRA. Az osztrák gyártású H-J.106-ost Szegeden javították (lásd a „J” betű formáját) és átfestették. A levegőben a szintén osztrák eredetű H-HP.3-as látható (Forrás: Winkler Aero Archiv)



2. TÁBLÁZAT. A H-OP azonosítójú Phönix C.I repülőgépek rövid története (A szerző szerkesztése a birtokában lévő iratok és fényképek alapján)

Azonosító	Harcászat-technikai adatok
H-OP.1	Mátyásföld fotók. Motorcsere; Mátyásf. 1920.11.19. Ejtőernyős ugrás Úveges József; Postajárat 1920.11.11–12., és 1920.12.18–19. Bp. ↔ Szombathely.
H-OP.2	Mátyásföld jav. hangárban fotó; 1921.09.20. Mátyásföldön, fotón megsemmisítve.
H-OP.3	Szeged 1921 elején repült a KIKO-ban; tavasszal üzemén kívül.
H-OP.4	Rákos 1920.11.07. eje. ugrás Kovács Endre; fotó Szombathely kiképz. rep. között. Vonaton 1921.06.07. Szombathely → Szeged.
H-OP.5	Szeged 1921 tavasz jav. műhelyből kitolva, nem repült.
H-OP.6	Mátyásföld fotó.
H-OP.7	Szeged 1921 tavasz repült; 1921.05.25. Jányapuszta, Bonyhád, elrejtve
H-OP.8	Szeged 1921 tavasz, KIKO repült; 1921.04.09. Györffy vizsgarepülése Szeged ↔ Bp.; 1921.05.21. Gerjenmajor, Kalocsa, elrejtve. Típus átképzés Szegeden; 1921.06.13. Szegeden lezuhant Lengyel t, Pirker sér.
H-OP.9	Postajárat, 1920.11.07. Rákos → Szombathely előtt kényszerleszállt, 1920.11.12. Szombathely → Bp.; 1921.09.20. Mátyásföldön, fotón megsemmisítve.
H-OP.10	Rákos 1920.11.07. bemutató repülés. Postajárat 1920.11.09–10., Bp. Szombathely; 1920.12.17. startnál összetört.
H-OP.11	Mátyásföld fotó. Átvágódott.
H-OP.12	Postajárat, 1920.12.10. Bp. → Szombathely.
H-OP.13	–
H-OP.14	Szeged 1921 tavasz repült, 1921.05.25. Jányapuszta, Bonyhád, elrejtve.
H-OP.15	Mátyásföld fotók. Postajárat 1920.11.07. Rákos → Szombathely előtt kényszerleszállt.
H-OP.16	Mátyásföld fotók. Postajárat 1920.11.09. Szombathely → Bp.; Szeged 1921 tavasz repült; 1921.05.21. Gerjenmajor, Kalocsa, elrejtve;
H-OP.17	Mátyásföld fotó. Postajárat 1920.12.16. Bp. → Szombathely.
H-OP.18	Mátyásföld fotók. Postajáratok: 1920.11.07. Rákos → Szombathely előtt kényszerleszállt; 1920.11.09. Szombathely → Bp.; 1920.11.13. Bp. → Bp. kód miatt vissza; 1920.12.18–19. Bp. ↔ Szeged.
H-OP.19	Postajárat, 1920.11.11–13. és 1920.12.18–19., 1920.12.28. Bp. ↔ Szombathely; 1921.09.21. Miskolcon megsemmisítve.
H-OP.20	Mátyásföld fotó. Szeged 1921 tavasz repült; 1921.05.21. Gerjenmajor, Kalocsa, elrejtve.

A helyzet viszonylagos normalizálása után visszaszerezték a rejtés miatt kikölcsonzött gépeket, és az addig sikeresen megóvott több tucat géptörzs és szárny felhasználásával elkezdtek a javításokat. [48] [72] A lajstromszámok itt sem adnak pontos támpontokat, a típusok azonosítása²⁷ – az adatok hiánya miatt – szintén korlátozott. A legmagasabb szám a H-J.130-as volt, de nem valószínű, hogy minden számot kiosztottak. [48] Tudjuk azonban, hogy több gép az ismételt javítás után magasabb sorszámot kapott. [51] [64] A használt repülő jelzéseinél több fajta sablont alkalmaztak, ezért arra következtetünk, hogy a repülőgépgyárak is részt vettek a javításokban.

A jelzésrendszerről több hazai és idegen nyelvű szakirodalomban is olyan általánosítások olvashatók, amelyek az egyes repülőgépek sorsának ismerete nélkül hibás megállapítások forrásává válhatnak. [48] Az egyik ilyen elterjedt információ, hogy a H-J.101 – H-J.112 közötti példányok Phönixek voltak. [49] Ez részben igaz, ugyanis a H-J.101, H-J.102, H-J.103 biztosan U.C.I-k voltak, sőt a H-J.102 jelzése H-J.111-re, a H-J.103 száma pedig H-J.110-re változott. [51] [64] A többi között is valóban találunk bizonyítottan Phönix C.I-eseket: a H-J.104, H-J.105, és a H-J.106-ost. [65] Fényképekről tudjuk, hogy a H-J.104 és a H-J.106 osztrák gyártásúak voltak, mert a jellegzetes motorburkoló lemezek és a 230 LE-s Hiero motor jól felismerhetők. A javítás után a törzset és a motorlemezeket is valószínűleg

lefestették szürkére. További használt Phönix is lehetett még állományban, kutatás tárgya a H-J.04, H-J.41 [66], H-J.107, H-J.108 [67] jelzésű repülő. Ez a lista addig nem lehet teljes, amíg az összes H-J jelzésű gépet be nem azonosítják. Érdekesként említhető, hogy létezik egy fotó²⁸, amelyen egy 121-es gyártmányú, nem azonosítható használt repülő szerepel, a törzsén lévő „H” jelzés formája egyik ismert „Javitott” Phönix „H” jelével sem egyezik. [56]

A MAEFORT POSTAREPÜLŐI

Az elkészült és felújított repülőgépeket immár az 1920. február 11-én megalakított civil Magyar Aeroforgalmi Rt. (MAEFORT) kapta meg. [48] [53] [68] Az első magyar légitársaság nyilvános célja a polgári légi forgalom fejlesztése volt, de valójában a magyar katonai repülés fedőszerveként működött. A minisztériumokban és a MAEFORT-ban közel 130 fő korábbi repülőtszert alkalmaztak [48; 796–800. o.]. Novembertől légi postát, hírlapokat, ritkán utasokat is szállítottak a vidéki repülőterekre, a közbenső városokra pedig ejtőernyővel dobták le a csomagokat. A MAEFORT keretében tíz együléses, tizenkét kétüléses gép raktározása, két századnyi repülőszemélyzet alkalmazása, számukra havi 90 perc repülési idő biztosítása vált lehetővé [53; 643. o.], amely kiegészült egy repülőgépjavitó-műhellyel és anyagszertárral is. Ezzel párhuzamosan létrehozták a Kiképző Osztályt (KIKO) Szegeden, később Szombathelyen is, amelyek külön parancsnokkal települtek a forgalmi állomásokra. A kétüléses repülő zöme a „postaforgalmi” Phönixekből állt, ezekkel végezték a hagyományos kereskedelmi repülést. A szénhiány miatt ugyanis ritkán jártak a vonatok, ezért a postarepülő besegítették a postai küldemények vidékre történő szállításába. A légitársaság 50 millió korona alaptőkével alakult meg [53; 642–647. o.], a repülőgépek és az ingatlanok különböző fiktív szerződésekkel (25 éves bérlet) jutot-

27 Különösen a repülési tilalom előtt vált zavarossá, felbukkantak a jelzés nélküli vagy lefestett azonosító számú repülő is. De érdekes a H-J.88-as azonosítószám is, amit két különböző formátumban ismerünk, az egyik egy megsemmisített roncsra volt festve, a másik egy működőképes repülőgépre, amit elrejtettek.

28 A fotót az előző (II.) részben, 13. ábraként közöltük: Haditechnika 2024/2 VIII. évf., 72. o. DOI: 10.23713/HT.58.2.12

tak a birtokukba. A vállalat látszólag magáncég volt, de erős kormányzati felügyelettel, és 10 millió koronás állami szubszenciával.

A polgári repülőterek kiépülő hálózata is katonai szempontok szerint történt. Szeged és Szombathely – a két korábbi Flek bázis, több hangárral – postaforgalmi és kiképzőállomásként is használható volt. [50] A Budapesten, Mátyásföldön a Magyar Általános Gépgyár (MÁG) repülőterén (két hangárral, egyéb épületekkel, valamint a Váci út 69. szám alatti irodaházzal és anyagszertárral rendelkezett) alakították ki az első nemzetközi légikikötőt. [68] Átalakították a gázgyárral és asztalos üzemmel rendelkező világháborús légihajóbázist Székesfehérváron, (később oda költözött át a szegedi javítóműhely), de a kifutópálya rövidsége miatt még nem tudták üzemszerűen használni. [48] 1921-ben, 2 millió koronáért új repülőállomást építettek Miskolcon egy hangárral. Bár a korabeli sajtó számolt vele, de üzemben kívül maradt a debreceni repülőter. A repülőter-hálózat egyes pontjai azonosak voltak a 7 katonai körzet székhelyével, [53] (valamint Győr, Nagykanizsa), a repülőállomással nem rendelkezőknél legalább egy füves leszállóhelyet jelöltek ki.

A még bizonytalan határok miatt több incidens és erődemonstráció is történt a kisantant államok részéről. [69] Az egyik ilyen esemény a csehszlovák csapatösszevonás volt Sátoraljaújhely környékén, ugyanakkor a kisantant államok repülői – elsősorban a csehszlovák gépek – gyakran végeztek légi felderítést az ország felett. Bevetéseik néhányszor kényszerleszállással [53] végződtek, például 1920. június 7-én vagy 1921. április 6-án Miskolc térségében. Szinte rögtön a MAEFORT megalakulása után felvetődött a miskolci repülőter kialakításának kérdése, valószínűleg a csehszlovákok²⁹ törekvései miatt. A korabeli lapok 1921. február 11-én már arról tudósítottak, hogy a repülőállomás elkészült, és hamarosan egy kis Brandenburg gép (a Hansa-Brandenburg B.I típus közkedvelt változata) és 5 db UCI fog odatelepülni [70] [71] a Budapest-Miskolc légi járat beindítására. Végül postaforgalmat nem bonyolítottak onnan,



18. ÁBRA. Néhány forrás „HOP” néven is említi a típust. A H-OP.2-es törzse kocsin, a H-OP.6-os motort melegíti, a H-OP.11-es átvágódva, és a H-OP.20-as a mátyásföldi hangár előtt (Forrás: Winkler Aero Archiv)

esetenként személyszállítást végeztek Budapestről. Június végén repültek át kiképzésre a H-J.04-est, majd augusztus 9-én a H-J.46-ost, ez utóbbi 3 órás repülő utat tett meg Szegedről. (A korabeli újságban [48] [66] [72] [74] [82] Phönixeknek írták le őket.)

A fő postaforgalmi repülőállomás Mátyásföldön [53] [68] volt, oda települtek az együléses „gyors postagépek” is. Valószínűleg a kis hatótávolság miatt nem végeztek szállítást, valós feladatuk a budapesti gyárak védelme volt. A tényleges postaforgalmi repülők zöme ott állomásozott. A korabeli fényképek alapján a budapesti repülőterén több Phönix is állt, leggyakrabban a H-OP.1, H-OP.15, H-OP.16, H-OP.18 és a H-OP.20 számúakat kapták lencsevégre. Ezek itt sokáig civil festéssel, de még felszerelt megfigyelő körsínnel voltak láthatók, akkor szerelhetők le azokat, amikor beindult a valódi légi forgalom. Amikor már utasüléssel rendelkeztek, sok civil érdeklődő is látható volt mellettük.

Az első hivatalos légi postajárat [65] [68] [75] május 12-én 15.30-kor indult Albertfalváról, fedélzetén 1600 darab Új Nemzedék című újsággal, Risztics János pilótával, és Barkász Emil kíséreléssel. Nagykőrösön és Kiskunfélegyházán alacsonyra ereszkedve csomagokat dobtak le, majd 16:50-kor sikeresen leszálltak Szegeden. A légi járatok egy ideig szüneteltek, hivatalosan tesztelték még a légi útvonalakat költséghatékonyság céljából, valójában intenzív kiképzés folyt a repülőgépeken.

A légi postajáratok hivatalosan 1920. november 7-én a rákosi „Aero meeting”

alkalmából, annak záró eseményeként indultak meg Szombathely végállomással [49] [50] [53] [68]. A háború utáni első repülőnapon a résztvevő 20-25 gép több mint a fele Phönix volt, fényképek alapján beazonosítani lehetett a H-OP.1, H-OP.4, H-OP.9, H-OP.10, H-OP.15, H-OP.18, H-HP.3, H-J.104, H-J.106 példányokat. A repülőnap fő eseménye a magyar repüléstörténet első repülőgépből történő hivatalos ejtőernyős ugrása volt egy Phönixből, ezért ezzel az eseménnyel részletesen foglalkozunk.

Korábban a fronton már ugrottak repülőgépből [58] magyarok ejtőernyővel, például Hefty Frigyes vagy Boksai Antal [74], és Szegeden is folyt [72] ejtőernyős oktatás, de végül a rákosi „Aero napon” történt akciót tekintjük az első hivatalos magyar ugrásnak. A Kern Dezső vezette H-OP.4-esből [68] Kovács Endre hadnagy ugrott ki 2000 méterről a lentről figyelő újságíró [81] szerint, „vagy 70 métert hirtelen zuhanással esett, akkor kinyílt az ejtőernyő s szép nagy lengésekkel jött lefelé. Két perc, 9 mp. alatt ért a földre. A szél kb. 500 méterrel vitte odébb”. Kovács Endre egy héttel később nyilatkozott a Szeged újságnak [76], ebből közlünk néhány szemelvényt, amelyből kiderül, hogy a saját nézőpontjából hogyan látta az ugrást. „... Szegeden már ötször ugrottam ejtőernyővel ...Mikor azután a magasságmérőnk 2000 métert mutatott, ... Jobblábbal az ülésre álltam, megfogtam a gép egy fix pontját és ballábammal erősen elrugaskodtam a géptől és mint a vízbe, fejjel lefelé ugrottam. A szél azonnal a hátamra fordított,

29 A csehszlovákok erőteljes tevékenységet folytattak Miskolc megszerzésére, 1919.05.02-án el is foglalták, de a magyar vörös csapatok már május 20-án visszazerték a várost. A trianoni békekötéskor is igényt tartottak rá, sőt a 2. világháború után is megpróbálták elcsatolni. [69]

19. ÁBRA. Kovács Endre hadnagy áll ejtőernyős felszerelésben a H-OP.4-es előtt. A két vékony zsinogtet már a repülőhöz rögzítették [68]



20. ÁBRA. A rákosi repülőnapon a lovaskocsiról postaszákokat raknak be a Szombathelyre induló H-OP.15-ösbe. Érdekes módon az írott forrásban H-OP.16-osnak említik a repülőt. Jobbra hátul a H-OP.18-as körvonalai, balra a messzeségben a nézők láthatók (Forrás: Winkler Aero Archiv)



majd szabályos lupíngot csináltam. Közben a lábaim lefelé kerültek s ekkor éreztem, hogy a zsinog elszakadt és kinyílt az ernyő. Mindez persze rövid másodpercek alatt... és egészen szabályosan, a tér közepén, két lábommal teljesen talppal értem földet."

A repülőnap záró akkordjaként ünnepelesen elindult a szombathelyi járat. A nagy érdeklődésre való tekintettel még további két Phönixet kellett beállítani, annyi légi küldeményt vettek fel a repülőtér ideiglenes postahivatalában. Délután 1-kor szállt fel a H-OP.9, H-OP.15 (vagy H-OP.16? [77; 76. o.]), H-OP.18 jelzésű Phönix, [14., 21. ábrák] telerakva levelekkel. Az első állomás Győr volt. Ott három ejtőernyős egy sima postaszákokat dobott le 200 méterre [78] [79] ereszkedve, majd Pápa felé vették az irányt. Szombathelyt végül nem érték el, a város előtt nagy hóviharba kerültek. Az H-OP.15 Sárváron, a H-OP.18 Vépen, a H-OP.9 motorhiba miatt Porpácon szállt le, és csak másnap érték el Szombathelyt. [78] [79] A légi-posta tevékenységről kevés információval rendelkezünk. Részben a Budapest–Szeged útvonal 1920 karácsonyának kéthetes üzemeltetéséről maradtak fent

adatok. Itt a H-HP.3, a H-J.105, a H-J.106, és a H-OP.18 [65; 49. o.] szállított közvetlen, illetve ejtőernyős postacsomagokat 2–4 naponta. Hasonló intenzitású volt a Budapest–Szombathely útvonal, november és december hónapokban ezen az útvonalon a H-HP.1, a H-HP.2, a H-HP.3, a H-OP.1, a H-OP.9, a H-OP.10, a H-OP.12, a H-OP.15, a H-OP.16, a H-OP.17, a H-OP.18 és a H-OP.19 repült [77; 76. o.]. Miskolcra azonban csak ritkán jártak. Ez alatt összesen 43 utast és 2045 kg postai küldeményt szállítottak. [68]

A MAEFORT 1920. október 11-i jegyzőkönyve alapján a légitársaság 22 forgalmi, 20 iskola- és 60 javítható repülőgéppel, valamint 150 db jó és 100 db javítható motorral rendelkezett [48; 796. o.] [68]. Megrendeltek további 15 db Phönix, és 36 db MÁG kétülékes repülőgépet, valamint 12 db új motort. Ezek azonban már nem készülhettek el. (A 15 gépes Phönix-rendelést több forrásban is az eredeti rendelésnek tartják, pedig a dátum alapján már korábban is repült bizonyíthatóan például a H-OP.18-as, sőt a H-OP.19-est 1920-as építésűnek írták egy újságban [80]). 1921 májusában a rejtett légierőhöz egy együlékes (6+4) és egy kétülékes (9+6) század, egy kiképző keretszázad, egy javítóműhely és anyagszertár [53; 651. o.] tartozott.

Az intenzív használat miatt sérült meg néhány Phönix. Ezek oldalszámát és állapotát részben fotók alapján is-

merjük: a H-HP.1 kényszerleszálláskor összetört Óbudán, a H-HP.2-es orra állt, a H-OP.10 startkor lecsúszott és összetört, a H-OP.11 átvágódott, a H-OP.15 jobb kereke [55] és a légcsonvarja eltört, a H-OP.16 farka sérült. [74] A legsúlyosabb baleset 1921. június 13-án történt Szegeden, a lezuhant repülőn elhunyt Lengyel László pilóta, társa, Pirkel Gyula szerelő sérülésekkel életben maradt. Lengyel főfelügyelő (főhadnagy) a H-OP.8-as jelzésű géppel 600 méterre emelkedett, majd onnan kikapcsolt motorral, „csigavonalban akart a repülőtérré leereszkedni. Két-száz méter alatt a spirálában ... a gép a fejét egyre mélyebbre eresztette s a körök egyre szűkebbek lettek ... 80 méter magasból egy fél dugóhúzó fordulattal a földbe fúródott” [72]. Korábban 1920. augusztus 10-én Gehring István főhadnagy meghalt, oktatója Schwagner János súlyosan megsérült egy hasonló légi balesetben. [72] Hivatalos megerősítés nincs a gép típusáról, de egy forrás Phönix C.I.-est említ. Budapesten 1921. január 15-én a Szegedről érkező H-J.106-os a köd miatt visszafordult, majd a leszálláskor a nagy szél miatt lecsúszott és összetört. Horváth főfelügyelő pilóta a fején, Virágh nevű kísérője [64] a lábán szenvedett zúzódásokat.

A Kiképző Osztály állományában is találunk Phönixeket, amiket a harmadfokú kiképző repülésre használtak. Alapozáshoz 160 LE-s motoros Brandenburg B.I-eseket, a másodfokú repüléshez erősebb motorú Brandenburg B.I-eseket és C.I-eseket használtak [48] [65] [72]. Phönixekkel (pl. H-OP.8) típusátképzést [64] és vizsgarepüléseket is végeztek, volt aki Szeged–Budapest útvonalon repülte le a vizsgát, a hátsó ülésben egy szintén frissen kiképzett „kísérővel”, valójában légi megfigyelővel. A szegedi repü-

21. ÁBRA. Szegeden lezuhant H-OP.8-as, legénységéből Lengyel László pilóta elhunyt, Pirkel Gyula szerelő sérülésekkel életben maradt (Forrás: Winkler Aero Archiv)



lésekről rendelkezünk információval a fennmaradt 1921-es számadnapló alapján, ebben 4677 felszállást rögzítettek. [65] [72] [64] Tavasszal az álcázott kiképző alakulatnak 45 gépe volt, amelyek jelentős részét elrejtették. A szombathelyi repülésekről szinte semmit se tudunk, de valószínű, intenzitásuk a szegedihez hasonló volt. Egy Phönix biztos tartozéka volt a repülőternek, egyik fotón a H-OP.4 áll [55] a kiképzőgépek között. Szegeden 1920-ban ejtőernyős tanfolyamot is tartottak Kovács Endre vezetésével. [72] [76] 1921 júniusára a kiképző repülések teljesen leálltak [73] [64], akit csak lehetett levizsgáztattak (főleg a volt megfigyelőkből átképzett pilótákat), ugyanis 1921 június 16-án ratifikálták a trianoni egyezményt, amely teljes repülési és gyártási tilalmat jelentett, beleértve a katonai repülőgépek megsemmisítését is.

A tilalom előtt igyekeztek eltüntetni a használható repülőgépeket, köztük a Phönixeket is. Szeged környéki tanyákon májusban a H-OP.7, a H-OP.14, a H-OP.16 és a H-OP.18 számú repülőket rejtették el [48; 795.o.]. Budapest és Miskolc környékén is tároltak repülőket, de azoknak nem ismert a lajstromszámuk. [48] Szombathelyről 15 repülő szállítottak Budapestre és Szegedre, ezek közül csak a H-OP.4-es törzséről van információ, míg a szegedi szállítmányban szereplő nevesített H-J.03-as és H-J.05-ös sárkányokat nem tudtuk azonosítani [48; 798.o.]. Valószínűleg a várható nyugat-magyarországi harcok [69] vagy a helyi királypárti erők³⁰ miatt szállították el a gépeket. A kiterjedt okmány és iratmegsemmisítés miatt nagyon kevés adattal rendelkezünk a korszak repüléséről. [48] [53]

Júliusban és augusztusban a Szövetségi Légügyi Ellenőrző Bizottság³¹ utasítására elkezdődött a megmaradt repülő megsemmisítése a magyar repülőtereken. Szegeden Phönixek nincsenek a szétbontottak között [48],

az ott lévő nem repülőképes H-OP.3-asról, a H-OP.4-esről és a H-OP.5-ösről [64] nem tudunk semmit. Miskolcon a H-OP.19-est és a korabeli újság [66] [80] szerint Phönixnek tartott H-J.04-est, H-J.46-ost szétrombolták (más forrás H-J.46-ost Brandenburg B.I-nek írja, és a H-J.04 típusa is kérdéses) [48; 798.o.]. Mátyásföldön Üveges József fényképei alapján tudjuk, hogy szétfűrészelték a H-OP.2-est és a H-OP.9-est, de a két gépen kívül még legalább 4 db nem azonosított Phönix roncs is látható volt. A MAEFORT katonai fedőtevékenységére hamar fény derült, ezért a bizottság nyomására a légitársaság 1921. december 6-án felozlatta önmagát [48; 798–800.o.]. A bizottság saját kimutatása alapján elpusztítottak 119 repülőgépet és 97 repülőmotort, ebben a MAEFORT korabeli jelentése alapján 25–30 használható vagy javítható repülőszárkány lehetett [48; 799.o.]. A repülési tilalmat többször meghosszabbították, szoros külföldi felügyelettel csak 1923 januárjában állt vissza Magyarország légi szuverenitása.

Az elrejtett repülőket sem sikerült megmenteni. A helytelen tárolás miatt tönkrementek, a motorok időközben elavultak. [48] Pontos információ nincs arról, hogy a Phönixeket később újra üzembe helyezték volna, bár létezik olyan vélemény, hogy a H-MAAM és a H-MAAN jelzések [67] ilyen típusú gépeket takarnak. Ezt a feltételezést azonban még egyetlen mértékadó kutatás vagy forrás sem erősítette meg [49] [50] [56] [57]. Érdekes adatot tartalmaz az a 1925-ös titkos francia jelentés, amely szerint abban az időben még 12 darab Phönix van a korábbi repülőgépanyagok között Magyarországon [48; 800.o.]. Közben elkezdődött kis példányban az új fejlesztésű magyar repülő építése, és titkos csatornákon a külföldi gépek beszerzése is zajlott. [50] [57]

A néhány évvel később gyártott kétfedeles harci repülő között ismét

megjelent a „másfélzárnyú” konstrukció [49] [57], amely jól szimbolizálja a technológia főnixmadárhoz hasonló tovább élését. ■

Köszönet ifj. Winkler Lászlónak, hogy hozzájárult a képek publikálásához.

HIVATKOZÁSOK

- [48] Czírók Zoltán. „Az „E-akció”, avagy kísérlet a magyar katonai aviatika megmentésére – 1920–1921.” *Hadtörténelmi Közlemények* 126. évf. 3. sz. (2013) pp. 791–801.;
- [49] Bonhardt Attila, Sárhidai Gyula, Winkler László. *A Magyar Királyi Honvédség fegyverzete* Budapest: Zrínyi, 1992;
- [50] Csanádi Norbert, Nagyváradai Sándor, Winkler László. *A magyar repülés története*. Budapest: Műszaki, 1977;
- [51] Czírók Z. *Az UFAG C.I felderítőgép II. rész*, *Haditechnika* 2012. 5. sz. pp. 16–19.;
- [52] Valerin Avram. *A román V. repülőosztály 1919-es tevékenysége Magyarország felett*, *Aero História*, Közl. Múzeum, Bp. 1992/okt.;
- [53] Olasz Lajos. „Lépések a honi légvédelem kiépítésére Magyarországon az 1920-as években.” *Hadtörténelmi Közlemények*, 122. évf. 3. sz. (2009) pp. 635–676.;
- [54] *Körösvidék*, 1920 (1. évfolyam) 1920-08-28 / 123. szám <https://doi.org/10.1038/scientificamerican07031920-28>;
- [55] Varriale, Paolo. *Phönix C.I* [Windsock Datafile 150], Albatros Productions Ltd., Berkhamsted UK. 2011.;
- [56] Nagyváradai Sándor, M. Szabó Miklós, Winkler László. *Fejezetek a magyar katonai repülés történetéből*, Budapest Műszaki, 1986.;
- [57] Punka György, Sárhidai Gyula. *A Magyar Királyi Honvéd Légierő 1920–1945*. Zrínyi. Bp. 2009.;
- [58] Fülöp Tibor. *Fél évszázados a Magyar polgári- és sportejtőernyőzős. A Közlekedési Múzeum Évkönyve* 12. 1999–2000 Bp. 2001.;
- [59] Czírók Zoltán. „Az első légi háború Magyarország felett – 1919.” *Hadtörténelmi Közlemények* 124. évf. 2. sz. (2011). pp. 335–364.;
- [60] Czírók Zoltán. „A magyar repülőcsapatok 1918–1919. évi történetéhez” *Hadtörténelmi Közlemények*, 122. évf. 3. sz. (2009) pp. 603–634.;
- [61] Grosz, Peter M. *Phönix D.I-II* [Windsock Datafile 31], Albatros Productions Ltd., Berkhamsted UK. 1992.;
- [62] Grosz, Peter. *Austro-Hungarian Army Aircraft Of World War I*. Paladin Press, 2002.;
- [63] Zahálka, J., Tesar, P., Tyrlik, S. *Phönix D.I – D.III., JaPo*, Praha. 2005.;
- [64] Kakuszi József. *Álom és tragédia – Számadnapló, 1921*. Szeged Magyar Szárnyak, 1992. 21. évfolyam, 21. szám;
- [65] Czírók Zoltán. *A szegedi katonai repülés első világháború utáni történetéhez*. *Belvedere Meridionale*, 2006. 7–8. sz. pp. 43–51.;
- [66] *Miskolci Napló*, (21. évfolyam) 1921-09-22 / 214. szám <https://doi.org/10.1002/asna.19212142518>;
- [67] [https://www.avia-info.hu/Phoenix C.I;](https://www.avia-info.hu/Phoenix-C.I;) (a típus azonosításához) (Letöltve: 2021.12.12.).
- [68] *100 éves a Mátyásföldi repülőter, Szerk. Zsigler Klára. Kertvárosi Helytörténelmi és Emlékezet Központ*, Bp. 2017.;
- [69] *Magyarország az Első Világháborúban*. Lexikon. Budapest Petít Real, 1999.;
- [70] *Napi Hírek*, 1921. február 1921-02-11.;
- [71] *Egri Népujság - napilap* 1920-05-06 / 104. szám;
- [72] Puszta János. *A szegedi repülés története*. *Belvedere*, Szeged 2002.;
- [73] Veszényi János. *A magyar katonai repülés 1920–1945*. HL Tanulmánygyűjtemény, 2787.;
- [74] Boksay Antal. *A felhők katonái*. Budapest: Aquila, 2001.;
- [75] *Körösvidék*, 1920 (1. évfolyam) 1920-05-15 / 37. szám;
- [76] *Szeged*, 1920. november (1. évfolyam) 1920-11-16 / 77. szám;
- [77] Czírók Zoltán. *Az első légi postajáratok Szombathelyen, 1920–1921*. in Mayer László (szerk.). *Előadások Vas megye történetéről VII.* – Archivum Comitatus Castriferrei 9. Szombathely, 2020.;
- [78] *Magyar Sándor. Álmodni mertünk. Aero & Rádió Kft. Bp. 1991.;*
- [79] *Napi Hírek*, 1920. november/1 1920-11-07.;
- [80] *Csonkamagyarország*, 1921 (1. évfolyam) 1921-09-27 / 82. szám.;
- [81] *ESZTERGOM XXV. évfolyam* 1920-11-11 / 208. szám.;
- [82] *Napi Hírek*, 1921. január 1921-01-14 <https://doi.org/10.25291/VR/1921-VLR-14>.

30 Ez nem volt alaptalan feltételezés, hiszen néhány pilóta részt is vett a nyugat-magyarországi felkelésben, köztük Endresz György vagy Kaszala Károly. De a királypucsnál, IV. Károly közvetlen kíséretében is több pilóta volt, például Almásy László, Fekete Örs vagy Alexay András (a szombathelyi repülőter parancsnoka).

31 Commission Aéronautique Interalliée de Controle. Az Antant részéről felügyelte a repülőgépek és a repülő alkatrészeinek megsemmisítését. Elnöke a francia Barés ezredes volt, a bizottság 19 tisztből és 79 beosztottból állt. Többségében franciákból és olaszokból, kisebb részt angolokból és japánokból állt. Hatáskörükön többször túlléptek pl. a repülőgépek gépeit is tönkretették, pedig ezekre nem vonatkozott a tilalom.



STUDIES

- Data transmission solutions of unmanned platforms 2
- History of the development of the 'Gepárd' large-calibre rifle, *Part 8* 8
- Armoured Recovery Vehicles, *Part 3* 13

INTERNATIONAL MILTECH REVIEW

- Caracal, the militarised all-terrain vehicle optimised for air transport 21
- Russian remote detection devices for IED and mines 24
- The history of Lauster vehicles and the evolving of the MF 60 measuring vehicle 31

SPACE ACTIVITIES

- Pocket-sized space technology 39

DOMESTIC SURVEY

- ADAM-technology 3D metal printing, *Part 2 Technological characteristics and applications in the defence industry, forces and military logistics, with a special focus on UAVs and light vehicles* 45
- Dassault Falcon 7X 51
- Operation: DEEP PURPLE, *Part 1* 58

MILTECH HISTORY

- A collection of military prophylactics on the Tisza 64
- History of the Hungarian Phönix C.I airplanes, *Part 3* 70



STUDIEN

- Datenübertragungslösungen für unbemannte Plattformen 2
- Die Entwicklungsgeschichte der Großkalibergewehre von Gepárd, *Teil VIII. 35 Jahre im Dienst der Landesverteidigung* 8
- Bergepanzer, *Teil III.* 13

INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDschau

- Caracal, das für den Lufttransport optimierte militarisierte Geländefahrzeug. 21
- Russische IED- und Minen-Fernerkennungsgeräte 24
- Die Geschichte der Lauster-Fahrzeuge und die Errichtung des Messfahrzeugs MF60 31

RAUMFAHRTTECHNIK

- Weltraumtechnologie, die in Ihre Tasche pass 39

HEIMATSCHAU

- 3D-Metalldruck mit ADAM-Technologie, *Teil II.* 45
- Dassault Falcon 7X 51
- Operation: DEEP PURPLE, *Teil I.* 58

GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK

- Eine militärische Sammlung an der Theiß aus dem Zeitraum von Provisorium 64
- Die Geschichte des ungarischen Flugzeugs Phönix C.I, *Teil III.* 70

A címlapképünkön: Az első magyar felségjelű Embraer KC-390 típusú katonai szállítórepülőgép a kecskeméti légbázison. A repülőgép Magyarországon földi és légi tesztelésen vett részt, majd a végleges átadásig visszatért Brazíliába, a gyártóhoz (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Horváth Sztaniszláv)

B2 fent: Dassault Falcon 7X típusú könnyű, többcélú szállító repülőgép. A Magyar Honvédség vitéz Szentgyörgyi Dezső 101. Repülőandár a kecskeméti repülőbázison 2 db Falcon 7X típusú repülőgépet üzemeltet (Fotó: Shutterstock / Soós László)

B2 lent: A Magyar Honvédség 607-es oldalszámú Falcon 7X típusú, többcélú repülőgépet szállítási feladat végrehajtását követően

állóhelyére irányítják a kecskeméti repülőtéren (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Trautmann Balázs)

Poszter: Éles lögyakarlat végrehajtása 5,56 mm ürméretű CZ BREN2 gépkarabéllyal, fekvő tüzelési testhelyzetben (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Rácz Tünde) Részletesebb információk az eszközről: Éles Péter „Az 5,56 mm-es CZ BREN 2 gépkarabély” Haditechnika LVI. évf. 2. szám (2022): 7-12. <http://doi.org/10.23713/HT.56.2.02>



SZERZŐINK FIGYELMÉBE

A szerkesztőség két független lektorral ellenőrizteti a beküldött kéziratokat és plágiumellenőrzésnek veti alá azokat. A cikkeknek tartalmaznia kell: egy max. 6-10 soros összefoglalást és 5 kulcsszót magyar és angol nyelven is, illetve a cím angol nyelvű fordítását. Lapunk szerzőinek nevével lábjegyzetben fel kell tüntetni: a szerző ORCID-azonosítóját (www.orcid.org oldalon kérhető), továbbá a szerző munkahelyét, intézményi kötődését angol és magyar nyelven (illetve tudományos fokozatát – ha ilyenrel rendelkezik). A kéziratot csak a felhasznált irodalmak megjelölésével fogadjuk el. Ha a hivatkozott irodalmi forrás rendelkezik DOI-azonosítóval, azt kérjük feltüntetni. A hivatkozásokra vonatkozó szabály, hogy egyetlen olyan forrás se szerepeljen a felhasznált irodalom jegyzékében, amelyre a szerző a törzsszövegben nem hivatkozik. A szerzői jogra (copyright) vonatkozó jogok és kötelezettségek, továbbá a tiszteletdíj a kiadói szerződésben kerülnek szabályozásra.

A cikkeket a haditechnika@hmzrinnyi.hu e-mail-címre várjuk. A Haditechnika folyóirat cikkeit a szerkesztőség feltölti a Magyar Tudományos Művek Tárába, emellett az elmúlt több mint 50 év lapszámait elérhetők az MTA REAL-J repozitóriumban: <http://real-j.mtak.hu/view/journal/Haditechnika.html>

ELŐFIZETÉS

Éves előfizetési díj: 5940 Ft
Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága, 1089 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél, e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu, faxon: 303-3440;

Stúdió könyvesbolt 1138 Bp., Népfürdő u. 15/D
Telefon/fax: 359-1964, 359-6461;
HM Zrínyi Nonprofit Kft.

Ügyfélszolgálat – Könyv- és térképbolt
1024 Budapest, Fillér u. 14.

Levél cím: 1276 Budapest 22, Pf. 85
Telefon: +36 30-388-4034

E-mail: ugyfelszolgalat@hmzrinnyi.hu
A folyóirat 2005-2015 közötti példányai elérhetők:

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

A HADITECHNIKA MEGVÁSÁROLHATÓ

Líra Könyvárúháza, Récsi Center
1146 Bp., Istvánmezei út 6.,
telefon: 411-1543

Stúdió könyvesbolt
1138 Bp., Népfürdő u. 15/D,
telefon/fax: 359-1964, 359-6461
HM Zrínyi Nkft. Ügyfélszolgálat
1024 Bp., Fillér u. 14.

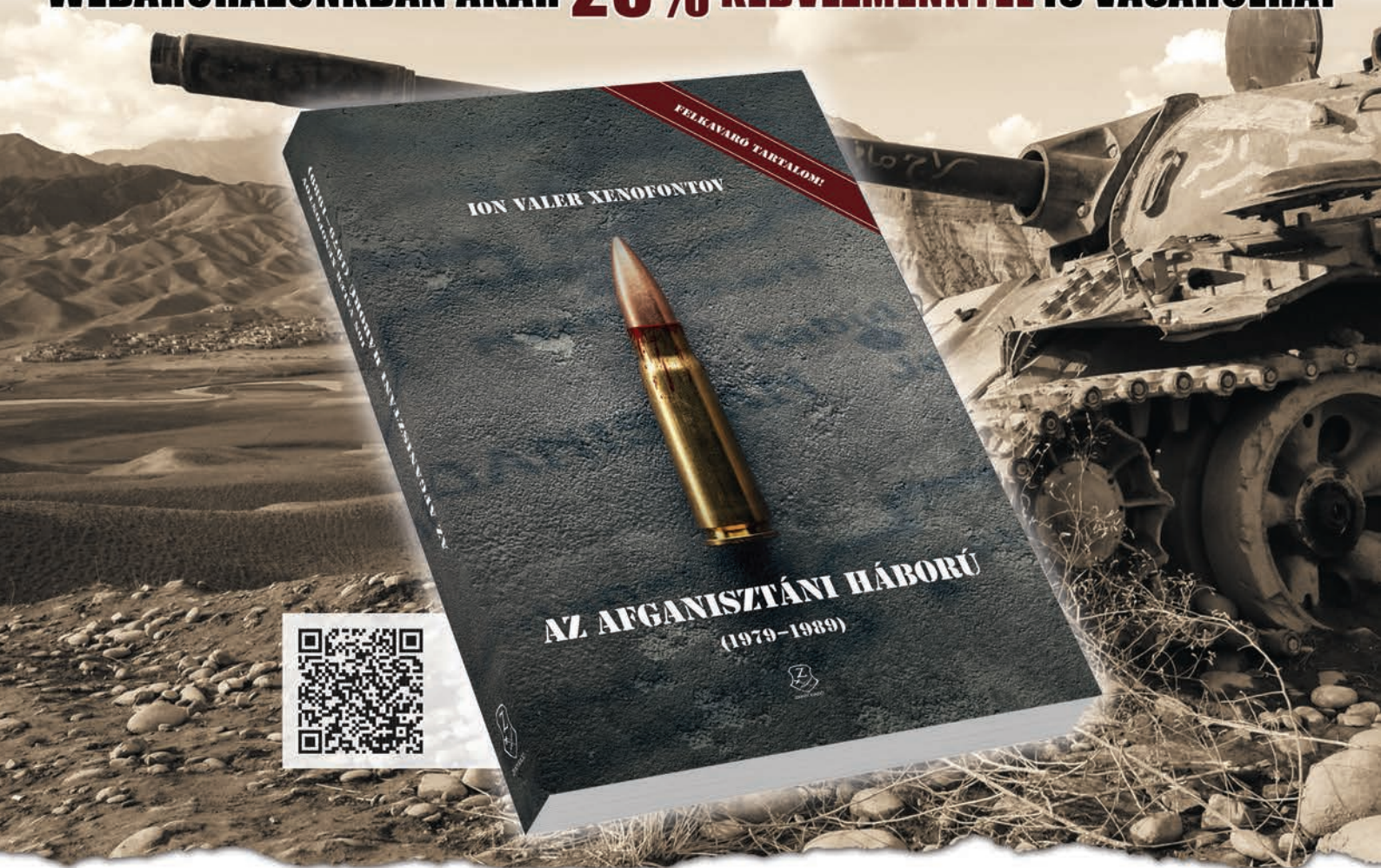
Nyitvatartás: H-P 9.00-16.30
ugyfelszolgalat@hmzrinnyi.hu



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



WEBÁRUHÁZUNKBAN AKÁR **25% KEDVEZMÉNNYEL** IS VÁSÁROLHAT



A Zrínyi Kiadó újdonságai



shop.hmzrinyi.hu



ZRÍNYI KIADÓ



HONVÉDELMI
MINISZTERIUM



ÉS TE KÉSZEN ÁLLSZ?



IRANYASEREG.HU

KERESS
MINKET!



mhkiknyp
katonai_toborzas

