

HADITECHNIKA

2024/5.

A MÚLT, A JELEN ÉS A JÖVŐ FEGYVEREI

LVIII. ÉVFOLYAM 5. SZÁM · ÁR: 990 Ft

SKYLARK 3 FELDERÍTŐ RENDSZER



**POSZTER-
MELLÉKLETTEL**



**AZ ELBIT SKYLARK 3
PILÓTA NÉLKÜLI FELDERÍTŐ
REPÜLŐGÉP RENDSZERESÍTÉSE
A MAGYAR HONVÉDSÉGBEN**



**A MAGYAR HONVÉDSÉG
MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS FOLYÓIRATA**

Az MTA IX. osztály Hadtudományi
Bizottsága által „A” kategóriába sorolt,
lektorált folyóirat,
LVIII. évfolyam 2024/5. 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 (MHTT, TÜK)
Prof. dr. Kiss Péter (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)
Prof. dr. Kovács László vezérőrnagy (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, MHTT, TÜK, MEE)

Szerkesztő:

Havasi Máté

Katonai szerkesztő:

Druzsinn József őrnagy (MHTT, TÜK, MKLE)

Szerkesztőasszisztens:

Drahos Gabriella

Tördelés: Kiss Fanni Flóra

Műszaki szerkesztés: Gróf István

B3 borító grafika: Györi László

A Zrínyi Kiadó igazgatója: dr. Hajdú Ferenc
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 70 199-8648
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

- **Balajti István – Kunos Bálint:**
A radarok északi-sarkvidéki alkalmazásának kihívásai *II. rész* 2
- **Nekrológ:** Elment az „Öreg Harcos”
In memoriam Sárhidai Gyula 7
- **Földi Ferenc:**
A Gepárd nagy űrméretű puszkák fejlesztésének története *X. rész*
35 év a honvédség szolgálatában 8
- **Vozsech István:**
Forgózarak kényszerpályái *II. rész* 13
- **Faltin Zsolt – Beneda Károly:**
A határréteg kezelésének kísérleti tesztelése szimulációs program segítségével 17

NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

- **Daruka Norbert:**
A CB 90 űrnszád *II. rész* 23
- **Kelecsényi István – Varga Attila:**
Air Defender 23 – a NATO legnagyobb légi haderőnemi gyakorlata *II. rész* 28
- **Kizmus Szabolcs:**
Hidegháborús bunkerek *I. rész* 34

ŰRTECHNIKA

- **Frey Sándor:**
Mintagyűjtés a Hold túlsó oldalán 39
- **Bacsárdi László – Oláh Kitti:**
Kvantumkommunikáción alapuló műholdas megoldások 44

HAZAI TÜKÖR

- **Ozsváth Sándor:**
ELBIT Skylark 3 pilóta nélküli felderítő repülőgép rendszeresítése a Magyar Honvédségben 50
- **Ombódi Imre:**
A tábori tüzérség meteorológiai támogatásának megújulása *II. rész* 56
- **Zentay Péter:**
Operation: DEEP PURPLE *III. rész*
A mentési pálya kiépítése és a beteg sikeres felszínre szállítása 61

HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

- **Somkutas Róbert:**
A német alárendeltségbe léptetett magyar királyi I. gyorshadtest tevékenysége *IX. rész*
Magyar dandárok a Bug folyónál – Pecsarától Trosztanyecig (1941. 07. 22.–26.) 68
- **Szatmári András:**
A magyar légi haderő szovjet eredetű sugárhajtású repülőgépeinek gépágyúi, 1951–2010 *II. rész* 72



2



23



28



34



56



BALAJTI ISTVÁN* – KUNOS BÁLINT**

A RADAROK ÉSZAKI-SARKVIDÉKI ALKALMAZÁSÁNAK KIHÍVÁSAI

II. RÉSZ

11. ÁBRA.
A norvégiai Ramfjordmoen
EISCAT-VHF és -UHF
antennarendszerei [11]

A TANULMÁNY ELSŐDLEGES CÉLJA A RADAROK EXTRÉM KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT TÖRTÉNŐ ÜZEMELTETÉSÉNEK BEMUTATÁSA. A szerzők publikációjuk I. részében ismertették az Északi-sark (Arktisz) topográfiai és meteorológiai jellemzőit, majd a közelében települt amerikai és orosz radarrendszereket. A folytatásban két, – az EISCAT 3D és a Resonance-N – multisztatikus katonai radarrendszer működését állítják fókuszba.

AZ ARKTISZ NYÚJTOTTA LEGKORSZERŰBB RADARÉPÍTÉSI LEHETŐSÉGEK

A multisztatikus radarrendszerek (Multistatic Radar – MSR) elmélete az 1950-es évekre nyúlik vissza. [12] Ezek olyan radarrendszerek, ahol az egyes radarok egymástól néhány tíz vagy akár több száz kilométer távolságra helyezkednek el, de az adó-vevő rendszereik szinkronizálva vannak egymáshoz és közös jelfeldolgozással rendelkeznek. Ezzel a radartípussal szemben elvárás, hogy az adó-vevő rendszereiket, indítás-, jelamplitúdó- és fázisjellemzőiket szinkronizálják egymáshoz, és a különböző radarhelyszíneken vett jelek

közös jelfeldolgozással és „plot extraktor”-ral rendelkezzenek. Természetesen az egyes radarok képesek önállóan is elvégezni az alapvető feladataikat, ezért alkalmazásuk rejtett üzemmódban is megvalósulhat. A multisztatikus rendszerek költséghatékony megvalósítása az 1990-es években a digitális jelfeldolgozás olcsó és gyorsan bővülő számítástechnikai kapacitás-növekedésével jött el. A tématerület szakirodalom által elismert legnagyobb szakértője prof. Chernyak Viktor. [12] Gyakran használt elnevezés a MIMO- (Multiple Input Multiple Output) radar, amely túl általános kifejezés, ezért napjainkban a kvázi-monosztatikus (K-M), iker- vagy rádiófrekvenciás (RF – magyarul „mikrohullámú”) radarhálózatok néven is ismert. [13] A hagyományos radarral ellentétben, amelyet a radarhorizont korlátoz, ezek a rendszerek „túlnézhetnek” a Föld görbületén, beláthatnak hegyek közé, ha az adó- és vevőantenna iránykarakterisztikák átfedésbe kerülnek. A módszer alkalmazása növeli a céltárgymérési hatótávolságot, a pontosságot, a felbontást, az aktív és passzív zavarvédelmi képesség növekedést.

Elterjedését csökkenti a hatékony megvalósításhoz szükséges különleges adójelstruktúrák szinkronizált, koherens jelfeldolgozás és az adatfeldolgozás műszaki elvárásainak komplexitása. [14] Az MSR-rendszerkonfiguráció a primer radarok esetén a bi-, multisztatikus, kvázi-monosztatikus elnevezés 2-3 radart jelent, míg passzív radarrendszerek esetén 3-6 mérőpont jelfeldolgozásának párhuzamos kiértékelése valósul meg. Arktiszi területen a radarok a Föld ionoszférájában feldúsuló elektronokról visszaverődő rádiójelek hullámhossztól függő sajátosságait használják ki. (A témáról részletesen írunk a tudományos kutatásokat célzó EISCAT, és a hasonló működési elvekre épülő Resonance-N [13. ábra] radarrendszerek leírásánál.) Az ionoszféra több rétegéből radaros szempontból legfontosabb a 80–110 kilométeres magasságtartomány (az ún. termoszféra), ahol a nap-sugárzás, az ionoszféra mesterséges fűtése, vagy a rádióamatőrök többnapos versenyein megfigyelhető nagy teljesítményű kapcsolatteremtések feldúsítják az elektronfelhőket. Ennek következtében az elektronfelhők sűrűsége

* Kandidátus, nyugállományú alezredes, hadmérnök, Debreceni Egyetem Műszaki Kar. ORCID: 0000-0003-3566-2904

** Villamosmérnök-tanár, Debreceni Egyetem Műszaki Kar. ORCID: 0009-0000-8818-1536

rűsege és egymáshoz viszonyított helyzete lehetővé teszi az 45 MHz és a 900 MHz közötti EMH visszaverődését az ionoszféráról. Rámutatnánk, hogy ez nem OTH-technológia, mivel az OTH-SW a 3–15 MHz, míg az OTH a 13–36 MHz üzemi frekvenciatartományokat használja. A multisztatikus rendszerstruktúra költséghatékony megvalósíthatósága a radarfeladatokra eddig alkalmatlannak tartott frekvenciatartománnyal napjaink kiemelt radarteknológiai kutatási területté vált. Az eredmények bemutatását behatárolja, hogy a katonai vonatokkal rendelkező megoldásokat csak „irányítottan” oszthatjuk meg az érdeklődőkkel.

Ezért a teljesség igénye nélkül a lehetőségeket két rendszeren keresztül mutatjuk be. Mindkét esetben a Föld légkörében (lásd a cikk 1. részében közölt 5. ábrát) az Arktisz 80–95 km magasságában koncentrálódó elektronfelhőkről való visszaverődéseket használják ki multisztatikus elrendezésben. (12. ábra)

TROMSØ EISCAT IONOSZFÉRAÁLLAPOT-KUTATÓ LÉTESÍTMÉNY

Az EISCAT (European Incoherent Scatter Scientific Association – Európai Nemkoherens Szóródások Tudományos Egyesülete) központi létesítménye Norvégia északi részén, Ramfjordmoenben, Tromsø közelében található. A különböző sarkköri területekre telepített létesítmények hasonló elrendezést követnek a 11. ábrán látható felépítésben.

A központi helyszín egy parabolikus, mozgatható UHF-antennából, négy egymással szinkron, de külön



12. ÁBRA.
Az EISCAT 3D radar antennarendszere a svédországi Kaiseniemiben [13]

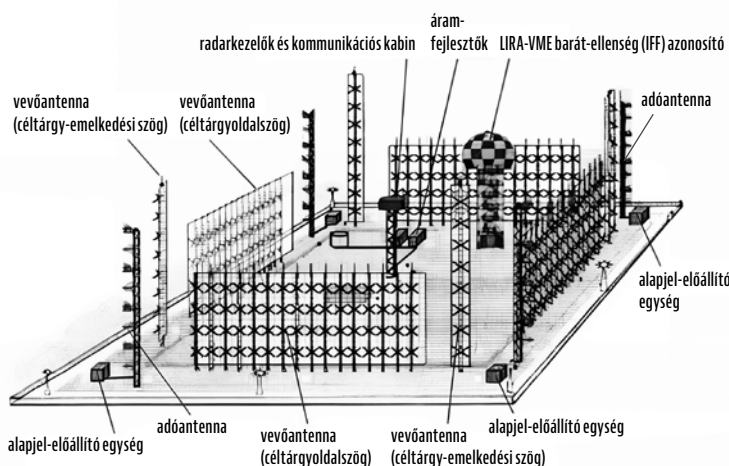
is mozgatható téglalap alakú VHF-antennából, az 56 MHz környékén üzemelő MORRO-radarból (MOBILE Rocket and Radar Observatory), az ionoszféra fűtőberendezésből (Heating), és több épületből áll, ahol a kutatók és a látogatók számára különböző helyiségek találhatók. Az innen kisugárzott jeleket hasonló paraméterekkel rendelkező radarantennákkal veszik a svédországi Kirunában és a finnországi Sodankylában, valamint az újonnan épülő EISCAT 3D teszthelyszíneken.

Az ionoszféraállapot-módosító radar, *Heating facility/dipole antenna* 12 db modulból, egyenként 100 kW teljesítményű adóból és három antenasorból áll, amelyek a 3,85 MHz és a 8 MHz közötti frekvenciatartományban képesek üzemelni. Ezzel a teljesítménnyel már jelentősen megnövelhető az ionoszférában jelen lévő szabad elektronfelhők nagysága.

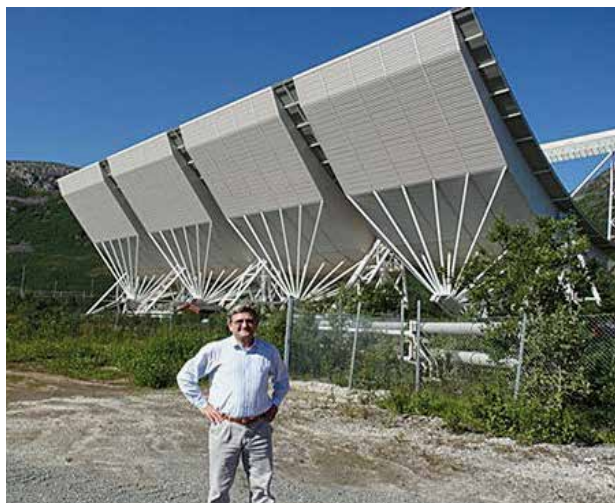
A MORRO-radar 56 MHz frekvencián üzemelő MST (Mesosphere-Stratosphere-Troposphere/Mezoszféra-Sztratoszféra-Troposzféra) radar, amely egy $12 \times 12 = 144$ elemből álló, fázisvezérelt, adott irányokban elektronikusan mozgatható Yagi-antenna-rendszer. 12 db félvezető adója egyenként 7,5 kW csúcsteljesítményre képes 10% kitöltési tényezővel. Így 90 kW csúcsteljesítmény mellett 9 kW az átlagteljesítménye. Az antennarendszer vértelre 6 csatornás.

Az EISCAT-VHF-radar a 224 MHz-es sávban működik. Az adó csúcsteljesítménye 3 MW, 12,5%-os kitöltési tényezővel. Az impulzushossz állítható 1 μ s – 2 ms között, elvárt frekvencia- és fázismodulációval. Az adás-vétel antenna, egy parabolikus henger, amely 4 negyedből áll, és teljes nyílása 120×40 m. Ez az antenna mechanikusan mozgatható függőlegesen (-30° és 60° zenit közötti szög), és elektronikus letapogatással vízszintes síkban ($\pm 12^\circ$). (11., 14. ábrák) A vevőkészülékek a nagyobb mérési pontosság érdekében többcsatornásak, úgy a VHF-, mind az UHF-radarokban.

Az EISCAT-UHF-radar a 930 MHz-es sávban működik, az adó csúcsteljesítménye 2,0 MW, 12,5% kitöltési tényezővel. Az impulzushossz beállítható 1 μ s – 10 ms között az elvárt frekvencia- és fázismodulációval. Az antenna mechanikusan mozgatható paraboloid antenna, amelyet adásra és vételre is használnak. (11. és 15. ábrák)



13. ÁBRA. A Resonance-N radarrendszer felépítése. Az antennarendszer 100×100 méteres területen helyezkedik el és 4 külön-külön vezérelt antenna (adó és vevő) elemet foglal magába, így biztosítva a 360 fokos letapogatást



14. ÁBRA.
EISCAT-VHF radar négy, külön is mozgatható antennaelem (Balajti István felvétele)

A szerzők egyike nyári időszakban látogatott a helyszínre, ahol minden létesítmény működésébe betekintést nyerhetett. (14. ábra.)

AZ EISCAT IONOSZFÉRA-ÁLLAPOT-KUTATÓ RENDSZER KORSZERŰSÍTÉSE

Az EISCAT rendszer üzemeltetési tapasztalatai és mérési eredményei lehetővé tették a rendszer jelentős korszerűsítését. A nemzetközi összefogással épülő multisztatikus radarrendszer, az EISCAT 3D célja pontosabb ismereteket szerezni a sarkvidék feletti elektromágneses terek, az ionoszféra, a troposzféra és a Föld-közeli űrkörnyezet viselkedéséről, továbbá adatokat szolgáltatni a Naprendszer és a rádiócsillagászati tudományok támogatására. A radarrendszert arra tervezték, hogy megvizsgálja, hogyan kapcsolódik a Föld légköre az űrhöz, de más

15. ÁBRA.
EISCAT-UHF antenna Kirunán (Finnország)
(Fotó: Lars-Göran Vanhainen)



tudományos célpontok széles körének vizsgálatára is alkalmas lesz, például az űridőjárás előrejelzésére, az űrszemét észlelésére, valamint éghajlatkutatásra. A Norvégiában, Svédországban és Finnországban települt, fázisvezérelt antennaelrendezési technológia alapján, az EISCAT 3D képes lesz háromdimenziós méréseket végezni többek között a 80–110 km magassági tartományban elhelyezkedő plazma sűrűségéről és hőmérsékletéről, valamint mozgásirányáról. Az eddig elért tudományos eredmények a [15] forrásban áttekinthetők.

AZ EISCAT 3D RENDSZER HARDVERELEMEI

A 12. és 16. ábrákon az EISCAT 3D antennarendszere látható, amelynek részletes elemzése a [15] forrásban megtalálható. Az antennaszervezet Kínából származik, az ECRIEE (East China Research Institute of Electronic Engineering) szállította. A fázisvezérelt antennák mindegyike körülbelül 10 000 elemi antennából áll. Az antennák jeleit elektronikusan kombinálják, ami lehetővé teszi, hogy az antennyalábokat nagyon gyorsan átirányítsák az égbolt adott irányába. Megoldható, hogy több mint 1000 különböző irányba nézzenek minden másodpercben, és egyidejűleg 100 különböző irányba, ha a mérések érdekében arra van szükség. Minden adó- és vételi antennaelem két polarizációt használ. A 10 000 elemei antenna minden helyszínen egy majdnem kör alakú, mintegy 70 méter átmérőjű területet fed le. A központi adóállomás (Skibotn közelében, Norvégiában) 10 kisebb antennarendszernek is otthont ad a pontosabb mérések érdekében. A nagyobb tömböket 100×100 m méretű, elkerített területeken helyezik el, hogy megvédjék a rendszert a nem kívánt látogatóktól (például a jávorszarvasoktól). A helyszíneken kis épületeket is emelnek, amelyek az érzékeny elektronika egy részének elhelyezésére szolgálnak.

A 228 antennaelrendszer (Antenna Unit – AU) mindegyike egy-egy rendszerkonténerből, és annak tetejére szerelt 91 antennaelemből áll, amelyek erősítési tényezője legalább 45 dB a teljes 218 MHz ~ 248 MHz üzemi

tartományban. A 17. ábrán egy antennaegység sematikus rajza látható. A különböző helyszíneken ezzel megegyező felépítésű, de 109, 55 és 54 antennaegységből kialakított rendszerek települnek. Minden konténer tartalmaz egy előerősítő egységet (First Stage Receiver Unit – FSRU). A 91 antennáról érkező jeleket a vevőrendszer erősíti és szűri, majd digitális előfeldolgozás után digitális adatfolyamok formájában további feldolgozásra és kiértékelésre a központi számítógép-rendszerekbe küldi.

Az EISCAT 3D elosztott, félvezető adót fog használni, 1 kW csúcsteljesítménnyel (legfeljebb 250 W átlagos teljesítmény) minden aktív antennán.

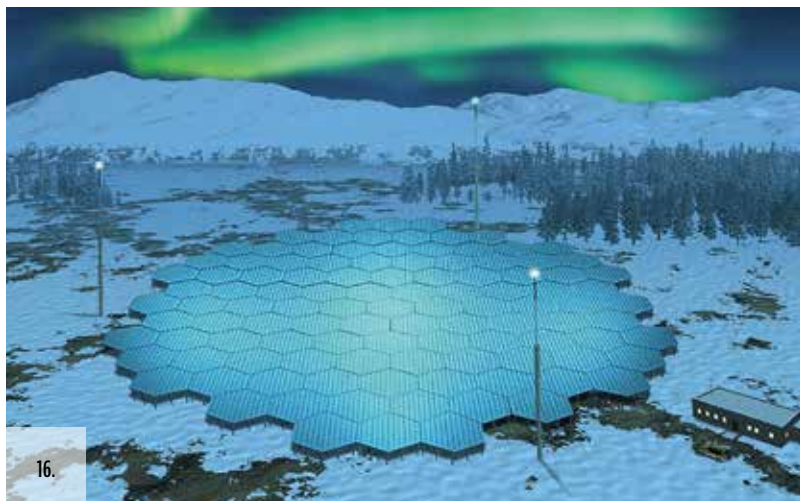
Az adórendszerek hasonló elrendezést követnek, mint a vételi modulok. A fő különbség az, hogy a rendszer 182 adókonténert tartalmaz. Ezek az adók minden egyes AU-hoz egy adó alrendszeren keresztül csatlakoznak. Az adók vezérléséhez külön impulzus- és antennyaláb-vezérlőegységekre (Pulse and Steering Control Unit – PSCU) van szükség. Minden PSCU 16 adót vezérel, amely azt jelenti, hogy 12 egységre van szükség minden adóval felszerelt AU-hoz.

További rendszerelemekre, például hálózati kapcsolókra, időzítő- és szinkronizációs egységekre is szükség van. Ezek az egységek biztosítják az üzemi feltételeket az AU-konténerek számára, pl. szabályozzák az elektronika, a radiátorok, a kényszerhűtés be- és kikapcsolását.

AZ EISCAT 3D RENDSZER SZOFTVERELEMEI

A teljes EISCAT 3D rendszer központi számítógépes vezérlő- és kezelőhálózata Svédországban települ. Innen történik a teljes EISCAT 3D rendszer irányítása.

Az EISCAT 3D-t úgy tervezik, hogy több különböző mérési eljárást, módszert használjon, amelyeket bár külön-külön máshol már alkalmaztak, de eddig még nem illesztették egyetlen radarrendszerbe. A párhuzamosan vezérelt, nagyszámú fázisvezérelt antennarendszer lehetőséget ad arra, hogy megfigyelhessük mi történik az ionoszférában, a háromdimenziós képalkotás lehetővé teszi, hogy a



16.

geofizikai eseményeket teljes térbeli összefüggésükben lássuk, és különbséget tegyünk a térben és az időben változó folyamatok között. Az új megoldások nyújtotta legfontosabb rendszer-performanciák:

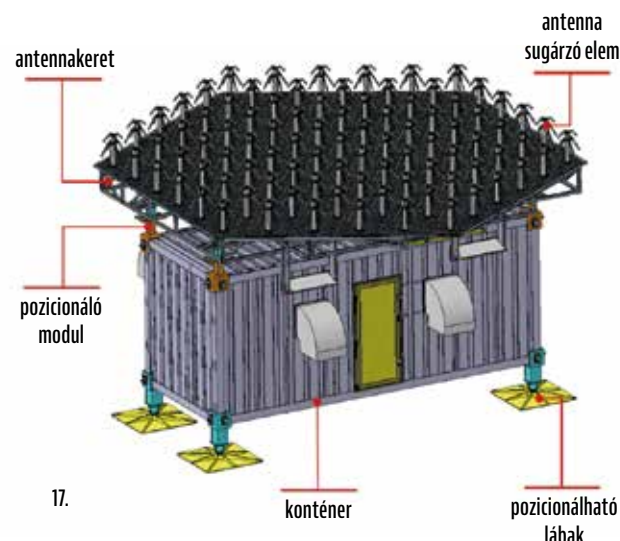
- A vizsgált események térbeli leképezése és követése. A nagyon széles térbeli lefedettség, több párhuzamosan üzemelő sugárnyaláb illesztésével, lehetővé teszi a kvázi egyidejű háromdimenziós képalkotást. Ezzel megoldható olyan objektumok, mint a műholdak és az űrszemét követése.
- Interferometrikus képalkotás nagy multisztatikus bázisvonalakkal, amely a rendszer konfigurálás függvényében akár 20 méter pontossáig terjedő képelőállítását segítő méréseket tesz lehetővé.
- A mérés érzékenység jelentős javulása a 10 000 elemet tartalmazó aktív helyszínek és antenaerősítések következtében.
- Az adórendszerek feladatorientált vezérlése a központi vezérlés, és az adóegység saját jelgenerátora által. Ez lehetővé teszi az összes jelenleg használt és tervezett modulációs séma és antennakódolás megvalósítását (például többfázisú váltakozó ortogonális kódok, orbitális pályamegfigyelésre optimalizált impulzusnyalábok), valamint lehetőséget ad bármilyen jövőbeli kód elfogadására.

Az EISCAT 3D rendszer nemzetközi összefogásban épülő, polgári multisztatikus VHF frekvenciatartományban üzemelő radarrendszer. Ezért a főbb műszaki paraméterei hozzáférhetőek és tanulmányozhatóak. Ugyanakkor

ugyanezen az elven katonai radarrendszerek is üzemelnek, amelyekről bár csak kevés információval rendelkezünk, de azok a rendszerek az üzemeltetésükkel kapcsolatos fizikai jellemzőiket vizsgálva összehasonlíthatóak. Ilyen katonai felhasználású rendszer az Orosz Föderáció Resonance-N radarrendszere, amely valószínűleg szintén képes a multisztatikus üzemmódra. Az EISCAT 3D, és a Resonance-N rendszerek az ionoszféraradarok szempontjából legfontosabb rétegről visszaverődő radarnyalábok fizikai elvén működnek. Természetesen multisztatikus üzemmódban, több egymástól távol lévő radarhelyszínről kiinduló és a „lopakodó” céltárgyakra visszaverődő jeleket minden radarhelyszínen vesznek.

A RESONANCE-N MULTISZTATIKUS KATONAI RADARRENDSZER

Az elmúlt években Oroszország három Resonance-N radarberendezést épített, amelyek közül kettő az Északi-sarkvidéken található. A radarok a sarkvidéki légi közlekedés stratégiai felügyeletét biztosítják 100 kilométeres magassáig és 1100 kilométeres műszeres mérési távolsággal. Ide tartoznak a stratégiai bombázók és a föld-föld/levegő-föld cirkáló-rakéták. A 18. ábrán látható módon képesek a ballisztikus rakéták és repülő eszközök egyenes rálátással és felülről történő besugárzására, korai észlelésére és követésére. A rendszert úgy tervezték, hogy egyszerre 500, akár a hangsebesség hússzorosával mozgó célpontot észleljen és kövessen. Egy vadászrepülőgép méretű célpontot



17.

(RCS $\cong 1,2 \text{ m}^2$) 10 km/s sebességgel, 300 km hatótávolságban detektálható 300 méteres pontossággal. Szögmérési pontossága oldalszögben és emelkedési szögben 1,5 fok, míg a sebességmérés pontossága 1,8 km/h. (13. ábra)

Minden Resonance-N radarrendszer négy darab 100 méter hosszú, két-polarizációs fázisvezérelt antennamodulból áll, amelyeket négyzet alakban rendeznek el, és amelyek mindegyike a légtér ± 45 fokos szakaszát fedi le. Ezeket két függőleges vevőtoronyra szerelt antennarendszer szegélyezi a célok magassági adatainak meghatározására. A vett radarimpulzusokat a négy toronyra szerelt, kétpolarizációs antennarendszer továbbítja a központi harcálláspontok felé. A radar közepén található RADOME alatt „Lira-VME” típusú barát-ellenség azonosító rendszer található.

A Resonance-N a VHF frekvenciasávban 35 MHz és 70 MHz között üzemel. Ez a hullámsáv, a terjedési tulajdonságai és a céltárgy méretével „rezonáló” hullámhossz (10–1 m) miatt különösen alkalmas az alacsony radarkeresztmetszetű (RCS) célpontok észlelésére és követésére. Ide tartozhatnak az amerikai légierő Northrop Grumman B–2A Spirit és a hamarosan rendszerbe álló B–21 Raider stratégiai bombázói, a Lockheed Martin F–22A Raptor, F–35A Lightning harci repülőgépei, az AGM–158 Joint Air-Surface Standoff rakéta és a Raytheon AGM–129A alacsony észlelhetőségű cirkáló-rakéta. (További információk a jobb oldalon látható QR-kódokon olvashatók.)

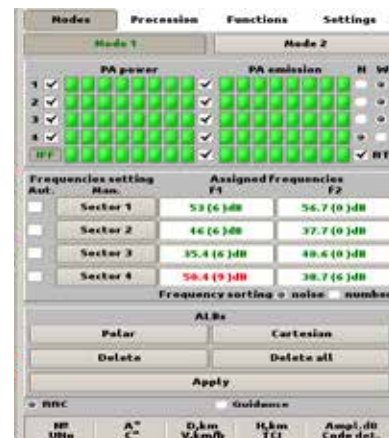
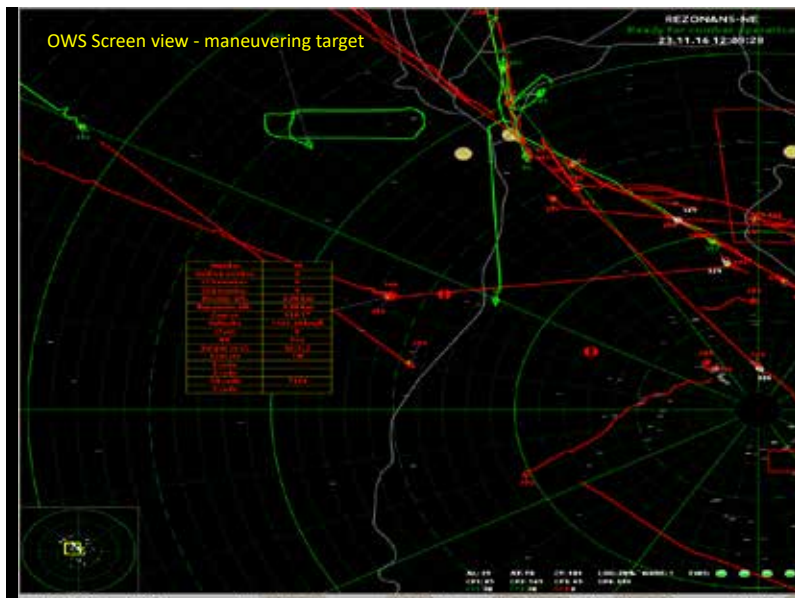
A Resonance-N radar főbb üzemmódjai hasonlóak a hazánkban is

16. ÁBRA. Egy EISCAT 3D radarállomás illusztrációja, amelyet a tervezési tanulmányban tettek közé [17]

17. ÁBRA. Egy antennaegység sematikus rajza. Az állítható antennakeret 91 elemi sugárzót foglal magába, és a műszer-egységet tartalmazó konténerre van szerelve [16]



18. ÁBRA.
A Resonance-N digitális kép-
interfész részletes cél-
és tervadatokat mutat [16]



üzemelő RAT–31D távolfelderítő radarok rövid és hosszú időtartamú impulzust alkalmazó megoldásaihoz. A rövid impulzusok alkalmazása elegendő energiát tartalmaz a radarhoz közeli céltárgyak detektálásához, míg a hosszabb impulzusok a távoli céltárgyak észleléséhez szükséges magasabb energiaszintekhez szükségesek. Erre példa a ballisztikus rakéták és az alacsony RCS-jű repülőgépek észlelése. A radar üzemi frekvenciái elősegítik a különböző üzemmódok egymástól történő elkülönítését, pl. az 51,3 MHz-es (hosszú időtartamú impulzusok) az 55,5 MHz-es (rövid impulzusok), valamint a 49,4 MHz-es (hosszú impulzusok) és 50,4 MHz (rövid impulzusok) tartományok egy-

máshoz párban kapcsolódnak. Az üzemelés optimalizálása szempontjából, interferencia és/vagy zavarítás miatt a radar automatikusan figyelheti a teljes 35–70 MHz közötti frekvenciasávot. Ha zavarást észlel, az adaptív zavarélyomó rendszerek automatikusan bekapcsolnak; ha a zavarás túl erős a beépített mesterséges intelligencia (MI) vagy a radarkezelő letilthatja a radarlefedettség azon irányait, ahonnan a zavarás származik. A Resonance-N rendszer üzemelési környezeti EMH terjedési viszonyainak gyors változása megköveteli a hatékony mesterséges intelligencia alkalmazását a céltárgydetektálás paramétereinek gyors és hatékony meghatározására. Ezáltal a radar digitális jelfeldolgozása olyan hatékonyságot ér el, hogy az ember-gép kapcsolat megjelenítő indikátorai nagyon hasonló kialakításúak a jól ismert nagyhatótávolságú radarrendszerekéhez. (18. ábra) Az angol nyelvű felirat a radar export változatról készült.

ami – különösen hosszú idejű koherens jelintegrálás esetén – növeli a radarrendszer által elérhető jel-zaj viszonyt. Ennél is jelentősebb lehetőségeket kínálnak az ionoszféra visszaverődéseket kihasználó, több frekvenciatartományt is használó, 45–900 MHz tartományban üzemelő multisztatikus radarrendszerek.

Részletesen bemutatottuk Svédország, Norvégia és Finnország erőfeszítéseit az EISCAT 3D radarrendszerrel végzett ionoszférakutatás területén és az új radartípusok fejlesztésében elért eredményeiket. Feldolgoztuk az EISCAT 3D rendszerhez hasonló katonai, alacsony VHF tartományban üzemelő Resonance-N radarrendszer főbb paramétereit, és bemutatottuk a főbb rendszerjellemzőket. Összevetettük a már üzemelő, és a kiépítés alatt lévő rendszerek közötti különbségeket, beleértve a mozgó objektumok változó körülmények közötti észlelésében és sebességének méréséhez szükséges megoldásokat. A bemutatott radarrendszerek sarkköri körülmények közötti üzemelésre optimalizáltak, ugyanakkor már megjelentek ezek mediterrán égövi alkalmazásai, pl. Resonance-N rendszer települt Marokkóban. Ezért hazai szakembereinknek is nagyobb figyelmet kell fordítaniuk ezekre az új típusú radarrendszer-megoldásokra.

Megállapítható, hogy valamennyi arktikus körülmények között üzemelő radarrendszerrel szembeni legfontosabb elvárás a távfelügyelettel történő működtetés, a multisztatikus radarrendszer kialakítás mely lehetővé teszi, hogy nagyon zord időjárási viszonyok között is alkalmazhatók legyenek emberi jelenlét nélkül.

HIVATKOZÁSOK

- [11] Forrás: https://eiscat.se/?attachment_id=16597 (Letöltve: 2024.1.4.);
- [12] Chernyak, V. S. Fundamentals of Multisite Radar System 1998. Gordon and Breach Science Publishers, ISBN 905-699-165-5;
- [13] Li, J., Stoica, P. (ed.) MIMO Radar Signal Processing 2008. Wiley-IEEE Press. ISBN 047-017-898-1; <https://doi.org/10.1002/9780470391488.ch1>;
- [14] Naghsh, M. M., Modarres-Hashemi, M., Shahbazpanahi, S. Soltanalian, M. Stoica, P. Unified Optimization Framework for Multi-Static Radar Code Design Using Information-Theoretic Criteria, IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 61, no. 21, pp. 5401–5416., Nov. 1, 2013. <https://doi.org/10.1109/TSP.2013.2278154>;
- [15] Havnes, O., Pinedo, H., La Hoz, C., Senior, A., Hartquist, T. W., Rietveld, M. T., and Kosch, M. J.: A comparison of overshoot modelling with observations of polar mesospheric summer echoes at radar frequencies of 56 and 224 MHz, Ann. Geophys., 2015, 33, pp. 737–747. <https://doi.org/10.5194/angeo-33-737-2015> (Letöltve: 2024.1.4.);
- [16] Forrás: <https://www.globalsecurity.org/military/world/russia/rezonans-n.htm> (Letöltve: 2023.12.11.);
- [17] Forrás: National Institute of Polar Research (NIPR), Japán. <https://www.nipr.ac.jp/english/info/notice/20170810-2.html> (Letöltve: 2023.12.11.);
- [18] Infrastruktur ved UiT – Ramfjordmoen forskningsstasjon UiT. https://uit.no/infrastruktur/enhet?p_document_id=685673 (Letöltve: 2024.2.12.).

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány áttekintette az északi sarkkörön belül tevékenykedő radarok arktikus körülmények között történő alkalmazásának kihívásait, és a „hagyományos” radarrendszerek költség-hatékony üzemeltetéséhez szükséges megoldásait. A korszerű radartechnológiai alkalmazásával a zord körülmények adottságait hatékonyan ki lehet használni, hiszen a nagy hidegben a vevőrendszerek zaja csökkenthető,

IN MEMORIAM SÁRHIDAI GYULA

ELMENT AZ „ÖREG HARCOS”

TISZTELT OLVASÓ!

A Zrínyi Kiadó igazgatójaként, a Haditechnika folyóirat egykori főszerkesztőjeként engedtessek meg néhány szubjektív gondolat hajdani kollégámról, aki egyszerre volt beosztottam és tanítómesterem. E rendhagyó nekrológ egy különleges képességű, régi vágású műszaki szakemberről szól, aki civilként, doktori rendfokozat nélkül is többet tudott a haditechnika-történekről, mint azok többsége, akik ezt a tudományt kötelező tantárgyként tanulták.

Sárhidai Gyula 1945. február 26-án született, Budapesten. A Toldy Ferenc Gimnáziumban érettségizett. Egy gyerekkori súlyos betegség következményei miatt nem léphetett katonai pályára, de a haditechnika iránti érdeklődése élete utolsó napjáig megmaradt. A Műegyetemen megkezdett tanulmányait anyagi okok miatt félbe kellett hagynia, és esti tagozaton tanult tovább. A Budapesti Vegyiművek Tervező Irodájában segédszerkesztőként dolgozott, miközben esti tagozaton a Bánki Donát Gépipari Műszaki Főiskolán okleveles gépgyártástechnológiai mérnök dip-

lomát szerzett. Évtizedeken keresztül minden szabadidejét szakkönyvtárakban töltötte.

Éppen fél évszázada, 1974-ben került a Haditechnikai Intézetbe, ahol a Haditechnikai Szemle szerkesztője lett. Pályája során 1238 publikációja jelent meg – a teljesség igénye nélkül – a Haditechnika, az Asztronautikai Tájékoztató, a Hadtörténelmi Közlemények, a Repülés, az Élet és Tudomány és a Műszaki Élet hasábjain. Szerzőként, társszerzőként és lektorként 61 könyv készítésében vett részt. Haditechnikai témájú könyvein generációk nőttek fel. Személyes élményként büszkén emlétem közös – ma már forrásértékű – munkánkat, A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézettől a HM Technológiai Hivatalig – 1920–2005 című kötetet.

Sárhidai Gyula a szakma mestere volt, aki fényképek és műszaki rajzok alapján első látásra felismerte a XX. század első hat évtizedének repülőgéptípusait, hadihajóit, harcjárműveit, haditechnikai fejlesztéseit. Jellegzetes, nagy keretes szemüvege mögül komoly tekintettel tanulmányozta a dokumentumokat, és akkor



1945. 02. 26.–2024. 07. 15.

sem jött zavarba, ha az eszközök műszaki tartalmáról kérdezték. 2009-ben tanácsosként vonult nyugdíjba, de még egy évtizeden keresztül aktív külsős tagja maradt a Haditechnika szerkesztőségének. Az utóbbi években lektorként segítette a folyóirat munkáját. Tevékenységét számos szakmai szervezet elismerte; a Magyar Repüléstörténelmi Társaságnak, a Magyar Asztronautikai Társaságnak, a Hadtudományi Társaságnak és a Tudományos Újságírók Klubjának egyaránt tagja volt. A Repüléstörténelmi és -tudományi Szakkönyvtár kuratóriumi elnökeként gondoskodott a hazai repüléstudománnyal kapcsolatos kötetek összegyűjtéséről és állományvédelméről, s maga is több ezer kötetes szakkönyvtárat hagyott az utókorra.

Sárhidai Gyula 2024. július 15-én hunyt el. Halála napjáig dolgozott, de az utolsó lektorálást már nem tudta befejezni.

Emlékét őrzi a szakma, az egykori Haditechnikai Intézet munkatársai, írásainak olvasói és azok a hajdani ifjak, akik az ő könyvein nőttek fel. ■

Dr. Hajdú Ferenc



FÖLDI FERENC*

74. ÁBRA. A 12,7×107 mm-es Gepárd mesterlövészpuskák a szomodí lőtér tüzelő-állásaiban. A képen legalul az egylövetű Gepárd M1, dél-afrikai Truvelo csővel, középen a Gepárd M1A2 NSzVT-csővel, de Picatinny sínnel, felül az ismétlő Gepárd M5 puska látható

(Fotó: HM Zrínyi Nkft.

/ honvedelem.hu /

Kertész László)

A GEPÁRD NAGY ŪRMÉRETŪ PUSKÁK FEJLESZTÉSÉNEK TÖRTÉNETE

X. RÉSZ

35 ÉV A HONVÉDSÉG SZOLGÁLATÁBAN

A Haditechnikai Intézet fejlesztő szakemberei 1988-ra elkészítették a 12,7 mm-es Gepárd mesterlövészpuska kísérleti mintapéldányát. A fegyver – Gepárd M1 néven –, több mint három évtizede szolgálja a Magyar Honvédséget. A tanulmány korábbi részei a fejlesztés előzményeit és a tervezés során felmerült problémákat, valamint azok megoldását ismertették, továbbá a speciális számításokra alapozott fegyvertechnikai megoldásokat mutatták be, a kísérleti mintapéldány elkészítéséről és az értékelemzéssel (funkcióanalízissel) folytatott fejlesztés eredményeiről. Ezt követően – a kilencedik részig – a sorozat a megkezdett tervezési folyamat eredményeit, és azok hatását taglalta a kísérleti min-

tapéldány átalakítására. A jelen, X. részben az átalakított mintapéldányok mintavizsgálata során tapasztaltakkal foglalkozik a szerző, aki a vizsgálat eredményei alapján szükségessé vált átalakításokat, szerkezeti módosításokat ismerteti, és bemutatja a „0”-sorozat elkészítéséhez vezető utat.

A HTI jóváhagyott fejlesztési tematikája szerint a *kísérleti mintákból* átalakított, valamint egy új gyártású *mintapéldány* haditechnikai vizsgálataival kellett folytatni a fejlesztés folyamatát, ami részben a „0”-sorozati csapatpróba előzetes vizsgálatainak is megfelelt, mivel az MH 31. Hunyadi János Gépesített Lövészdandár (Rétság) és az MH 62. Bercsényi Miklós Gépesített Lövészdandár (Hódmezővásárhely) kijelölt hivatásos és sorállománya

is részt vállalt ebben a forszírozott (felgyorsított, feszes) folyamatban. Az egyes katonai magasabbparancsnokok a vizsgálatokon túl, egyre több éleslövészettel egybekötött harcászati gyakorlatra⁹¹, és különböző szintű bemutató lövészetekre hívták meg a Gepárd M1 mesterlövészpuskákat. Ezekon a gyakorlatokon alapvetően a fegyver pontosságképességét kellett bemutatni az előjáróknak.

E bemutató programok között, a nem túl gyakori és nem igazán bőséges szünetekben hajtotta végre a táborfalvai állomány többek között a különböző vastagságú páncéllemezek⁹² és vasbeton falak⁹³ átütőképességének vizsgálatát laborkörülmények között, a lőtér sebességpályáján, 100 m lőtávolságban.

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

⁹¹ Általában század-, zászlóalj- és ezredszintűekre: Nógrádon, Reziben, Újdörögdon, Tatárszentgyörgyön, Dócon, Gyulafirátóton, vagy a táborfalvai külső (T-55AM belővő) lődombnál.

⁹² A páncéllemezek minden esetben szovjet eredetűek, és a szovjet GOSZT szabványnak megfelelőek voltak.

⁹³ A legalább 1×1 m felületű, alaposan bevasalt betonlapokat a táborfalvai állomány készítette/készíttette el.



75. ÁBRA. Páncéllemez-átütések 100 méterről: a) egy 30 mm-es lemez átütésének függőleges középsíkjában készített metszet, a B32 lövedék utólag beleszabtott edzettacél magjával; b) 25 mm-es páncéllemez átütése; c) 20 mm-es páncéllemez átütése

A 75.a ábrán látható, hogy a magot⁹⁴ beragasztották az átütési csatornába. Megfigyelhető, hogy nem történt teljes átmérőjű áthatolás, a páncélból csak a mag elejének kb. 20 százaléka jutott ki (továbbá a hozzá tartozó páncélszálak-rezesek). A 75.b ábra a páncélvizsgáló acélkeretet mutatja a beszorított 25 mm-es lemezzel. A furaton jól látható a teljes magkeresztmetszet-méretű áthatolás. A 75.c ábrán három teljes keresztmetszetében áthatoló találat látható. A bal felső sarokban egy 7,62 mm-es 39M töltény B32 páncéltörő gyújtólövedékének becsapódási nyoma látszik (a fehér nyíl mutatja). Végeztünk továbbá behatolási méréseket földhányásba és ellenőriztük, hogy jelentkezik-e a nevezetes hidrodinamikai hatás a közmegegyezéssel elfogadott 850 m/s becsapódási sebesség alatt is.

A 76.a ábra igazolja, hogy ez a lemez megfelelő minőségű páncélszálakból készült, mert a hátoldalon nem folyt meg az anyag, hanem az áthatolási lyuk körül pikkelyesen szakadt ki. A 76.b ábrán látható, hogy a földszáraz, nem szitált talajba a B32 lövedékek legalább 60 cm hosszan is behatolhatnak. A 76.c jelű fénykép azt az érdekes tapasztalatot örökítette meg, hogy a hidrodinamikai ütés hatására,

a legfeljebb 840 m/s sebességgel becsapódó, 48,5 g tömegű B32 lövedék is szétrobbantja az 50 m-re felállított, vízzel szinte légpárna nélkül feltöltött és lezárt toner fémtartályát. Ugyanezt a vizsgálatot egy másik ugyanilyen tartállyal megismételve, sem az 5,56 mm-es M198 lőszer 3,5 g-os, legalább 900 m/s sebességű lövedéke, sem a 7,62 mm-es 39M LPSz lőszer 9,6 g-os, legalább 860 m/s sebességgel becsapódó lövedéke nem volt képes produkálni. Az M198 szinte elporladt a vízben, a 39M pedig keresztülhatolt a tartályon. Ez alapján talán nem tekinthető túlzásnak az a feltételezés, hogy a hatás kialakulásában szerepe van a lövedék tömegének is.

A hosszú bemutatósorozat és a közbeiktatott belső mérések, lövizsgálatok néhány új tapasztalattal is jártak. Az átalakított japán irányzó távcsövek kezelése az elvárthoz képest kevésbé volt egyszerű (a dobok nehéz leolvashatósága miatt), és az átalakítás ellenére a távcsövek tartóssága sem volt kielégítő (nem érte el az 5000 lövést), illetve a szállemez információtartalma egyáltalán nem felelt meg még a minimális katonai igényeknek sem. Ezért a HTI vezetése úgy döntött, hogy a II. osztálya állományába tartozó optikai szakemberek témavezetésével új,

modern, a célnak mindenben megfelelő irányzó távcsövet kell kifejleszteni, önálló fejlesztési téma keretében. A tervezés és a kivitelezés feladatával a HTI Csarnai Zoltán szombathelyi optikus vállalkozót (aki a japán távcsöveket is átalakította) bízta meg. Csarnai úr rekordidő alatt, hazai alapanyagokból elkészítette a CSZ jelű optikai műszert, amely 30 mm-es tubusátmérvővel, 12×60-as optikai jellemzővel, a belső párasodás ellen gáztöltéssel, és a tárgylencse tükröződése ellen bevonattal (77. b ábra) rendelkezett. Tartozéka volt továbbá a ±3 dioptriatarományban állítható korrekciós tubus, és a 83 mm-es okulár távolságot biztosító szegmumi (77.a és 78.b ábra 5.). A távcső a 12,7 mm-es B32 töltényhez legalább 2000 m-ig biztosította a hatásos lövések leadását, mert 00–00,2 pontosságú beállíthatósággal oldalban ±00–20, magasságban -00–20 – +00–50⁹⁵ (Σ00–70) szolgálta a lövőt, egy speciális kialakítású megvilágítható szállemezzel. (78.d ábra) Mindezeket a képességeket az optikai tengely irányában 300 g bizonyított gyorsulás mellett is teljesítette.

A távcsőhöz tartozó befogó/tartó bakokat – a meglévő távcsőszerelékre való felszerelhetősége érdekében – át kellett alakítani 30 mm-es belső

76. ÁBRA. A 12,7 mm-es B32 lövedék viselkedése egyes célyagokban: a) egy páncéllemezén történt áthatolás kimeneti nyílása; b) a lövedék behatolása 1 m vastag, fél méter magas földhányásba; c) a lövedék hatására felrobbant, vízzel feltöltött lemeztoner



⁹⁴ A ~Ø13 mm külméretű lövedék belsejében lévő edzett acélmag, ami Ø10 mm méretű. A mag körüli anyagmennyiséget (a lövedékköpenyt és az ólom-inget) a páncél egyszerűen legyalulja, és legtöbbször visszalöki a becsapódási oldal elé.

⁹⁵ Sorban: kéttized vonás, ±20 vonás, -20 – +50 és 70 vonásértékek.

TANULMÁNYOK



a)



b)

77. ÁBRA.

A magyar fejlesztésű, 12×60-as CSZ távcső oldal-, illetve szemből nézetből.

A b) ábrán kivehető a lencse tükröződés elleni védőrétegének kékes árnyalata; a távcső mellett a zsinórra kötött tárgylencse-védőkupak látható

átmérőjűre. A szerelék más átalakítást nem igényelt. A távcső kézre eső és jól megfogható beállító tornyokat kapott, amelyeken a szögumiból történő kinézéssel könnyen leolvashatóvá váltak a szögbeosztás értékei. (80. ábra) Az optika gyártója távcsövének látómezejébe a céltávolság megbecslését szolgáló jeleket helyezett el. A 78.d ábrán látható szállemezeken egyrészt az akkori (hazai) optikai műszerekben szokásos 1,7 m célalakmagassághoz tartozó távmérőskálát⁹⁶, továbbá a függőleges és vízszintes szálakon egy-egy rövidebb és egy-egy hosszabb középponthez közelebb eső (rövidebb) segédvonalpárt jelöltek. Mindkét vonalpár a szemből közeledő könnyű (PSZH, BRDM stb. jellegű) lövészpán-

célosok biztos kilövésének távolságára volt kalibrálva. A rövidebb jelek közé épp beilleszkedő harcjármű leküzdését meg lehetett kezdeni (1200 m-től), a tornyát vagy a vezető/parancsnok szélvédőjét takaró páncéllemezt támadva. A hosszabb jelek közé beilleszkedő harcjárművéket (600 m-től) bárhol a homlokfelületen⁹⁷ lehetett támadni. Ezzel a távcső gyártója kielégítette a már említett követelményt – a célok közelítő távolságának megbecslését szolgáló jelek elhelyezését a látómezőben –, amire a Nikko Stirling távcsövek átalakítása során még nem volt műszaki lehetősége. A szállemez megvilágításának a tubusa tartalmazta a gombelemtartót is. A bekapcsolt állapotot a lövész felé néző fehér

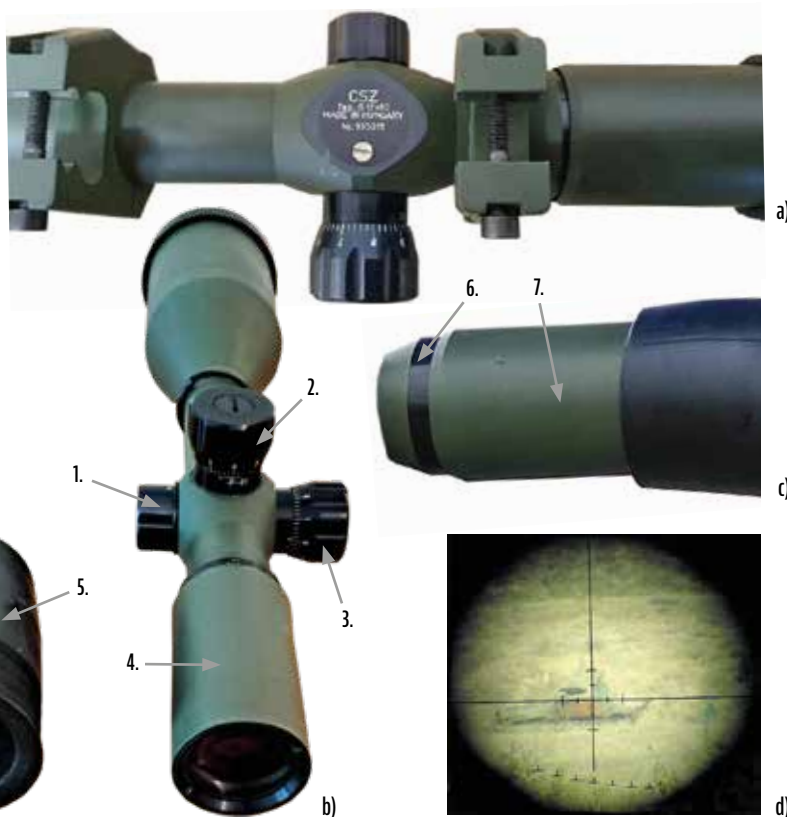
festékpont jelezte a kapcsolódobon. Általános tapasztalat volt azonban, hogy a szállemez megvilágítására csak igen ritkán volt szükség, mert a távcső optikája jelentős saját fényhasznosítással bírt, amikor a háttér előtt jól kirajzolódtak az irányzójelek. A szállemez-megvilágítás áramforrása annak bekapcsoló gombjába került.

A 78.d ábrán látható távolságmeghatározó jelek jelentését a 79. ábra mutatja be. A 79.b ábrán az 1,7 m magas célalakot azért kell a 7-es osztás magasságmérő jelre illeszteni, mert addig a távig az alak a 700 m-hez tartozó magassági irányzék-beállítással lőhető (ez a pásztázott lőtávolsága az álló/futó alakjellegű célra), de a szálkeresztet az alak aljára kell illeszteni. Mivel a történetre vonatkozó lőtáblázat⁹⁸ szerint ekkor a lövedék röppályamagassága 1,3 m (amit 375 m-en ér el). Ilyen módon az erre a távolságra beállított lövedék röppályája biztosan metszeni fogja a célalakot, még úgy is, hogy az irányzó távcső optikai tengelye 90 mm-rel a fegyvercsőfurat hossz tengelye fölé esik (még az ezen a távolságon fellépő, csupán ~5 cm-es oldalást is beszámítva [lásd később]). A szálkereszt közepét azonban mindig a célalak aljára kell ráilleszteni. A 79.c ábrán a 600 m-es lőtávolság garantálja, a D944-PSZH/BTR jellegű gyalogsági⁹⁹ harcjárművek páncéljának az átütését, a 79.d ábrán egy könnyű páncélzatú GYHJ páncélzatát is eredményesen lehet támadni, akár 1200 m-ről is. Mindkét esetben a célalaknak ki kell töltenie 79.a ábra szálkeresztjén látható függőleges vonalpár által meghatározott határértékeket.

A CSZ távcső kezelőszerveinek elhelyezése ergonomikus, teljesen követte az adott korban alkalmazott mesterlő-

78. ÁBRA.

A CSZ távcső jellegzetességei: a) a távcső adattáblája (fenn középen a szálkereszt-megvilágítás kapcsolója); b) ábra: 1. a szállemez-megvilágítás kapcsológombja, 2. magasságszög-beállító forgatógomb, 3. oldalszög-beállító forgatógomb, 4. az okulár dioptriaállítója, 5. szemvédő gumi; c) 6. a dioptriaskála, 7. dioptriaállító tubus; d) a cél: egy BTR-50 harcjármű 800 méteren

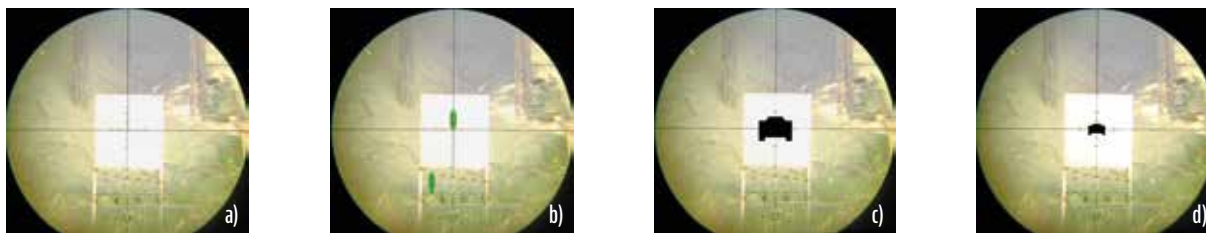


⁹⁶ A futó alak (7. sz. célalak) adataira alapozva, mert az egy kissé görnyedten mozgó ember magassága.

⁹⁷ Ezek a hatásos lőtávolságok a HTI „0”-ponti lőterén végrehajtott D944 PSZH lövizsgálatok eredményein alapultak.

⁹⁸ A 12,7×108 mm-es B32 lövedékre lásd [21; Приложение 4. 204. o.].

⁹⁹ [21; Приложение 6. 209. o.].



79. ÁBRA.
A CSZ távcső látómezőjeinek értelmezése: a) a látómező képe a távmérőjelekkel, b) az 1,7 m magas célalak a 7-es osztásnál és a célzási pozícióban, c) a GYHJ méretű cél 600 m-en a két távolabbi osztásköz közé ültetve, d) ugyanaz a cél 1200 m-en, a két közelebbi osztásköz közé ültetve

vész távcsövek kialakítását, ahogy azt a 80. ábra bemutatja.

A 80. ábrán jól látható a 45°-ban balra döntött távcsövön az 1. magasságiszög-beállító forgatógomb alsó élén a skála. A gomb peremén a skála 50 részre osztott. Osztásonként 00–00,2 vonás (a forgatógomb egységnyi elforgatását kattanas jelzi), a számozott beosztások között tehát 00–01 vonás (5 kattanas) löszögváltoztatást lehet beállítani, a 360°-os körbefordítás 00–10 vonás (50 kattanas) löszögvonást jelent.¹⁰⁰ A forgatógomb tartószárán látható legszélesebb keresztvonal az alapjel: 00–00' (a 100 m-re belőtt fegyver). A jobbra néző köztes kis vonal 00–10 vonást (egy körbefordítást), a középszéles keresztvonal 00–20 vonást (2 körbefordítást) jelent. A 2. oldalszög-beállító gomb beosztása ugyanilyen elven működik, csak a beállítás tartománya szimmetrikus. Ezen a skálán lehetett beállítani az oldalgáshoz tartozó, és a szélnyomáshoz tartozó oldalszögeket. A távcső „belövését” elősegítette, hogy mindkét irányzógomb nullázható volt. A 78.b ábrán, a 2. alkatrész felső síkján jól látható a kioldó henger hasítéka (ez az alkatrész a 3. irányzógombon is megvan), mindkettő működése azonos. A hasítékba egy (egy akkori méretű kétforintost elhelyezve), egyik kézzel a gombot szilárdan megtartva, az óramutató járásával ellenkező irányba egy-másfél fordulattal kellett elforgatni, majd a kioldó hengert erőteljesen be kellett nyomni, amikor is a gomb és a beállító mechanizmus közötti súrlódásos kapcsolat megszűnt. Ezután a gombot az elfordulás ellen továbbra is szilárdan megtartva addig kellett óvatosan felfelé húzni, amíg érezhetően szabadon elfordíthatóvá nem vált (nem volt várható kattanas hang). Az óvatosságnak az volt a magyarázata, hogy a távcső

feltöltésének gáztömörségét biztosító O-gyűrű nem csúszhatott le a távcsőtest tömítő alkatrészéről. Ezután a szabadon mozgatható forgatógomb a megfelelő helyre (alapvetően a forgatógomb 0 jelét a szár alapjének függőlegesére illetve, a forgatógombot az alapjelre ültetve) beállítható volt. A beállított érték rögzítése fordított sorrendben történt, miközben a forgatógombot elfordulás ellen addig kellett szilárdan megtartani, amíg érezhetően várható volt a kattanas jelentkezése. Az oldalszög-beállító forgatógomb beszabályozását hasonló módon lehetett elvégezni. Az oldalszög nullázásának a 400 m céltávolság felett volt jelentősége, mert addig csupán egy kattanason (~00–00,2 vonás = 2 cm/100 m) belüli az oldalgás miatti eltérés. 1200 méteren már viszont 00–02,6 vonás = 13 kattanas, ez a legfeljebb 25 cm eltérés egy állóalak-méretű célnál, egy jó lövő esetén még elviselhető (erős oldalszél nélkül, kissé a bal harmadba célozva¹⁰¹), de 2 km-en már 00–12 vonás = 60 kattanas. Ez utóbbi azonban meghaladja az 1,19 m-t¹⁰², amit már nem lehet figyelmen kívül hagyni. A száldereszt-megvilágítás elemcseréjéhez a bekapcsoló gombon lévő fedelet kellett kicsavarni. A távcső parallax hibájának korrigálására a gyártó a műszerben – a HTI egyetértésével – 600 m távolságot állított be, mert a felett a távcső optikai jellemzője már végtelen távolságba vetítette a cél képét, és ez lehetővé tette, hogy a szem mozgásakor a célkép ne torzuljon a látómezőben a száldereszt képest. Az ennél kisebb céltávolságoknál, szinte pontszerű célok esetén ez a jelenség problémát jelentett, de egy jól kiképzett lövész ezt hamar megtanulta kezelni. Az új távcső kimondottan karakteres formát adott a Gepárd M1 puskának. (81. ábra)

Miután mind a környezeti hatások, mind a fegyver-töltény eredő belbalisztikai jellemzői minden esetben eltérnek egymástól, sokszor lényegesen különböző magassági, esetenként oldalszögeket is jelentenek, értelmetlen lett volna – ahogy azt a szerző már korábban is megjegyezte – a skálakon a „lőtáv méterben” mértékegységhez tartozó beállítási skálát rendelni, ezért Piroška György egy olyan korrekciós albumot szerkesztett, amely a lövedék-sebességekhez 780 m/s-tól, 10 m/s-os lépésekkel 860 m/s sebességig tartalmazza a beállítás kattanasértékeit. A feltüntetett számjegyeket mint belső táblázatcsoportokat, a táblázat szerkesztője külön-külön hozzárendelte a levegőhőmérséklet-léptékekhez. Ezt a táblázatot a HTI megküldte az illetékes HM/VK szervezeteknek, hogy készítsék el az érintett csapatok számára a kellő mennyiségű példányt. Ennek az eljárásnak természetesen csak akkor volt értelme, ha minden egyes Gepárd M1 puskáról vezeték a Lőjegyzék elnevezésű naplót (a mesterlövészek számára azért kötelező, mert az életük függhet tőle!), így pontosan tudják mikor érik el az ezredik, kétezredik stb. lövesszámot, amikor

80. ÁBRA.
A CSZ távcső finombeállítását biztosító részegységek: 1. magasságiszög-beállító forgatógomb, 2. oldalszög-beállító forgatógomb, 3. száldereszt-megvilágítás kapcsoló. A fehér nyíl a szemlencse irányából a tárgylencse irányába mutat



¹⁰⁰ Ez a felosztás megegyezik az átalakított Nikko Stirling távcsöveknél jól bevált felosztással.

¹⁰¹ Az északi féltekén balra, a délin jobbra.

¹⁰² A 12,7×108 mm-es B32 lövedékre, lásd [21; Приложение 6. 14. o.].



81. ÁBRA. A Gepárd M1 az új távcsővel: Lőrincz János törzsszázlós lő a CSZ távcsővel felszerelt, 1990-es évekbeli Gepárd M1 puskával a táborfalvai kísérleti lőtér sebességpályáján

a fegyverek lövedéksebességét és találati szórás képét – Táborfalván a HTI ballisztikai laboratóriumában¹⁰³ – belövópadból vissza kell ellenőrizni¹⁰⁴, mert a mért érték alapján lehet kiválasztani az aktuális kézi lőtábla megfelelő adatsorát¹⁰⁵, amit a Gepárd puska szerves részét képező fém lőtábla jobb oldali oszlopába lehet beírni (szesz filctollal, mert a felület alkoholos oldószerezrel lemosható¹⁰⁶, ha kell, újra írható).

A politikai rendszerváltozáson a Gepárd-fejlesztés szinte zökkenőmentesen jutott át, a lőtéri vizsgálatok és a csapatpróba rendületlenül folytak, sőt 1990 őszén az 5. hadsereg parancsnoka és a tatai hadtestparancsnok személyesen is kipróbálta a fegyvereket, azokról egybehangzóan elismerően nyilatkoztak, ami jelentős mértékben felgyorsította a fejlesztés vizsgálati szakaszát. Az A1001, az A1002 gyártási számú Gepárd M1 és az N° A002 jelű Gepárd M1A1 fegyverek csapatpróbáját a rétsági Hunyadi dandár kijelölt állománya, Egri József alezredes vezeté-

sével, egy év időtartamban végezte el (1990–1991), és szinte minden elképzelhető harcászati és környezeti terhelésnek alá is vetették azokat. Ezen a vizsgálaton tűnt ki Dankó Gyula őrmester, aki valódi mesterlövész kvalitásokat mutatva kezelte a fegyverét.

A lőtérszemélyzet együttműködésének erős hiánya, valamint már a fejlesztés során is végig fanyalgók akadékoskodása sokszor nagyon is érezhető volt. A hadseregparancsnok számára rendezett egyik bemutató lövészet alkalmával, a 600 m-en a bukóállványán lévő helikopter fémcélhoz „elfelejtették” bekötni a találatjelző elektromos csatlakozóját, pedig a találatok biztos jelzését a cél alá függesztett füstjelző tartály elektromos beindításával is jelezni kívánták – állítólag. Amikor többszörös találat után sem mutatkozott semmi hatás sem, Dankó őrmester egy lövéssel látványosan szétrobbantotta a füstjelző tartályát, majd három lövéssel derékban úgy átlőtte a célemelő állványcsövét is, hogy a célalak szépen balra lekonyult az állványról. A magasabbparancsnok csak annyit jegyzett meg: „ez meggyőző volt, ez tényleg lezuhant!”. Ezeket a vizsgálatokat egyre sűrűbben kellett beépíteni a hirtelen megjelenő NATO-hadseregek főtiszt/tábornok szintű szakemberei számára tartott bemutató lövészeteken. Ennek a hozadéka a fejlesztés számára az volt, hogy képzett katonatisztek mondtak véleményt a tapasztalataikról. A fegyverek kedveltségének a legjobb mutatója az egy fő látogatóra eső töltényfelhasználás volt (legfeljebb 10 töltény)¹⁰⁷.

A levonható tapasztalatok alapján, a fegyverek 16 db-os „0”-sorozatának elkészítését a HTI megrendelte a FETE cégtől. Az elkészült fegyverek

a gyártótól az A1003 – A1018 gyártási számot kapták, a HTI jóváhagyásával¹⁰⁸. A HTI 1991. június 2–15. között, Táborfalván elvégezte a rendszeresítési eljárás megkezdése előtti kötelező „0”-sorozati vizsgálati eljárást, amely alapján 11 fegyver minősült hadihasználhatónak (a többi még a régi sínes távcsőtartóval készült – a távcsőszerelek cseréjét igazolandó). Bár már a „0”-sorozat gyártásának megkezdése előtt, a '80-as évek legvégén és a 90-es évek első évében is nagy érdeklődés mutatkozott a fegyverek exportjára (többek közt: svéd, svájci, izraeli, brit érdeklődők részéről), a szerződéskötések sorra meghiúsultak a Technika Külkereskedelmi Vállalat (TKV)¹⁰⁹ érdektelensége miatt. Érdekes módon a vizsgálatosorozat után azonban egy angol kereskedő *sportcélokra* rendelhetett 6 példányt eredeti Nikko Stirling 12×57-es távcsövekkel, de új szerelékkel). Ezt az üzletet a TKV, az érvényes végfelhasználói licencszerződés (*End user License Agreement*)¹¹⁰ bemutatása után, azonban már lebonyolította, miután a bevizsgált „0”-sorozatból azt kiválogatták. Ez volt a Gepárd M1 első külföldi premierje.

(A tanulmányban szereplő ábrák alapját képező fényképeket és montázsokat – a külön jelölt kivételével – a szerző készítette a fejlesztés során, azok a saját archívumából származnak.)

(Folytatjuk)

HIVATKOZÁSOK

- [21] Руководство по 12,7-мм пулемету „Утес” (НСВ – 12.7). Органа Трудового Знамени Военное Издательство Министерства Обороны СССР; Москва – 1978. „секретно” („titkos” minősítéssel).

¹⁰³ A ma is létező laboratórium felszereltségében változatlan, csak az alárendeltsége változott.

¹⁰⁴ Ez a kötelezettség a Gepárd M1 *Ideiglenes kezelési karbantartási utasításába* is belekerült, amit a gyártó minden fegyverhez mellékel kis méretű füzet alakjában.

¹⁰⁵ A szerző sajnos nem kapott olyan információt, hogy ilyen visszamérésekre valaha is sor került volna. A *Lőjegyzék naplók* meglétének és vezetésének ellenőrzésére – beosztásának megváltozása miatt – már nem volt módja.

¹⁰⁶ Többek között ezért is kellett áttérni az eredeti, filmszerű anyagra nyomtatott lőtáblácsról a gravírozott fémre, mert az alkohol az előbbit feloldotta volna.

¹⁰⁷ Mindössze ennyi jutott (sajnos), a vendégek ugyanakkor kevesellték a szűkmarkú kiszabatot, pedig életükben nem nagyon szokhattak hozzá ehhez az űrmérethez. Elsőre talán kissé keménynek is érezhették.

¹⁰⁸ Az A és a kezdő, négyjegyű 1003 sorszám a mintapéldányok betűjelének és háromjegyű számozásának folytatásaként (az utóbbi a FETE határozott kívánsága miatt *marketing szempontokra* hivatkozva) alakult ki.

¹⁰⁹ A TKV abban az időben az egyetlen lőfegyver- és lőszer-kereskedelmet is lebonyolító állami vállalat volt.

¹¹⁰ Ez az okmány kötelezte a vevőt, hogy a haditechnikai eszközt csak a jóváhagyott (itt: sport-) célra használja fel, és letiltott felhasználónak nem is adja tovább. A szerző ennek ellenére, a délszláv békeműveletek során Horvátországban olyan meg nem erősített szóbeli információkat kapott, hogy ott legalább két példányt használtak a felek.

VOZSECH ISTVÁN*

FORGÓZÁRAK KÉNYSZERPÁLYÁI

II. RÉSZ



19. ÁBRA.
A G224LMG golyószóró szerelt zárszerkezete
(A szerző felvétele, a Gestamen Kutatás
Fejlesztés Zrt. engedélyével)

A tanulmány a forgó zárfejek vezérlését biztosító hengeres kényszerpályák kinematikai leírásával foglalkozik. A szerző, tanulmánya első részében a problémafelvetést követően az egyszerű és a lekerekített Z alakú kényszerpályák kinematikai viszonyait elemezte, majd megvizsgálta a gyorsulásfüggvénnyel adott és a szinuszhullám-gyorsulású kényszerpályák jellemzőit.

ELTOLT ZÉRUSPONTÚ, NEM SZIMMETRIKUS, AMPLITÚDÓ- ÉS FREKVENCIATRANSZFORMÁLT SZINUSZOID GYORSULÁSÚ KÉNYSZERPÁLYA

Tegyük fel a kérdést, hogy tudunk-e olyan pályaalakot találni, amely kielégíti az alábbi követelményeinket:

- A pálya bejárása során a vezetőcsap se ütés-, se lökészerű terhelést ne kapjon;
- Legyen a pálya fordító szakasza egyetlen függvénnyel leírható, amely egyben végtelen rendben folytonos;
- Legyen a pálya gyorsító, illetve lassító szakaszainak találkozási pontja általános helyzetű, azaz a szimmetria már nem megkötés.

Belátható, hogy bár a cikloidális pálya az első két megkötésünket kielégíti, de a harmadikat nem, mert a szinuszfüggvény jellegéből adódóan úgy az amplitúdó, mint a periódus állandó.

Felvetődik a kérdés, hogy alkalmasan megválasztott belső függvények segítségével módosítható-e úgy a szinuszhullám, hogy mind a frekvencia, mind az amplitúdó, a pálya bejárása során a független változó szerint folyamatosan módosuljon? A kérdés megválaszolása előtt tisztázni kell, hogy miért is van erre szükség.

Az egyszerű szinuszhullám a harmadik megkötésünket nem teljesíti, ezért ki kell terjesszük azt úgy, hogy a szinuszhullám központos szimmetriája eltűnjön, azaz a közbülső zérushely általános helyzetű legyen, a teljes hullámintervallum határain belül.

Térjünk vissza az elemi szinuszfüggvényre, és nézzük meg, hogy milyen belső függvényekkel tudjuk ezt elérni. Alapesetben a belső függvény a független változó, amely deriváltja állandó értékű, és ez igaz a szinuszoidokra is. Belátható, hogy konstans differenciálhányadosú belső függvényekkel dinamikusan a frekvenciát módosítani nem lehet, lehet azonban olyan függvényekkel, amelyeknek nem állandó a differenciálhányadosa, legalábbis a vizsgált első egész hullámon. Ha előírjuk a szigorú monotonitást, valamint elemi függvényekre szorít-

kozunk, akkor is szép számmal találhatunk megfelelőt attól függően, hogy melyik típusal van kedvünk dolgozni. Vegyük most az

$$f(t) = \sin(t^n) \quad (28)$$

függvényt. A belső hatványfüggvényről tudható, hogy ha $0 < n < 1$, akkor szigorúan monoton csökken, ha pedig $n > 1$, akkor növekszik. Az első esetben tehát folyamatosan növekvő, a másodikban folyamatosan csökkenő periódusidőt kapunk, tehát az első esetben a közbülső zéruspont a pálya kezdőpontja, a másodikban a végpontja felé tolódik.

Vegyük észre, hogy bár a közbülső zéruspontunkat – az n paraméter megfelelő megválasztásával – oda helyezhetjük, ahova szükséges, de ez a gyorsulásfüggvény nem fogja kielégíteni az első feltételünket, miszerint: „a pálya bejárása során a vezetőcsap se ütés-, se lökészerű terhelést ne kapjon”. Ekkor a szöggyorsulásfüggvény integrálja nem lehet nulla, a szimmetria elvesztése miatt, az integrálérték pedig maga a szögsebesség végértéke, azaz a pálya végén a vezetőcsap forgása nem fog a pálya hatására megállni, csapódni fog az egyenes szakaszba (lásd az I. részben közölt 11. ábra).

A probléma megoldására a kapott frekvenciamodulált függvényt amplitúdó szerint is modulálni kell. Válasszunk most az amplitúdómodulációra is egy hatványfüggvényt, ekkor formálisan a:

$$\int_{t_0}^{t_z} t^m \sin(t^n) dt = - \int_{t_z}^{t_p} t^m \sin(t^n) dt \quad (29)$$

egyenlet paraméteres megoldásával jutunk el, a most már valamennyi feltételt kielégítő gyorsulásfüggvényig.

Nézzük meg mindezt egy példán keresztül.

A módosított szinuszfüggvény tehát egyszerre változó frekvenciájú és változó amplitúdójú. Ezt az alábbi parametrikusan felírt gyorsulásfüggvény kielégíti, amely most a célfüggvényünk is egyben:

$$\beta(t) = a_0 t^{a_1} \cdot \sin(2\pi(a_2 t)^{a_3}). \quad (30)$$

A megoldáshoz daraboljuk szét a célfüggvényünket úgy, hogy a szinuszfüggvény belső függvényéből induljunk ki. Az a_2 konstans értéke legyen egységnyi, ekkor a hatványfüggvény szinuszfüggvényének egységnyi lesz a hullámhossza. Az első függvényünk – amely a változó frekvenciáért felelős – paraméteres alakja:

$$\beta_1(t) = 2\pi t^{a_3}. \quad (31)$$

* Okl. gépészmérnök. ORCID: 0000-0001-9818-7755

A kezdeti- és végértékek ismertek, valamint az aszimmetrikus félperiódusidő is, mivel továbbra is állandó axiális zársebességet feltételezünk.

A félperiódus idejére felírható, hogy a belső függvény helyettesítési értéke a szinuszfüggvény második zérushelye, azaz π , amelyből a_3 paraméter értéke kiszámítható:

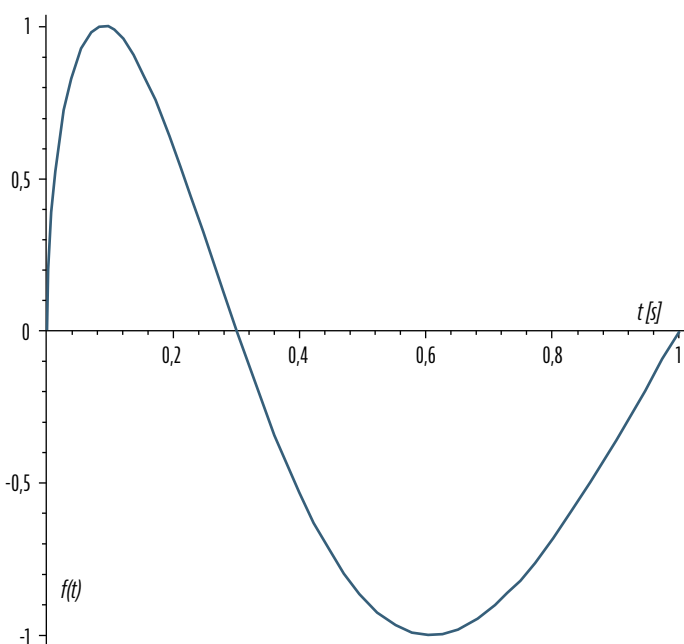
$$\beta 1(t_z) = 2\pi t_z^{a_3} = \pi, \quad (32)$$

$$a_3 = -\frac{\ln 2}{\ln t_z}. \quad (33)$$

A második részfüggvényünk a belső függvény szinuszfüggvénye:

$$\beta 2(t) = \sin(\beta 1(t)). \quad (34)$$

Nézzük meg a képét a 20. ábrán, ahol a pálya hosszának 30%-ánál található a zérus gyorsulás.



20. ÁBRA. Az első periódusban egység hullámhosszú, egységnyi amplitúdójú, eltolt zéruspontú gyorsulásfüggvény (A szerző szerkesztése)

A következő lépésben beállítjuk az első periódus pontos hullámhosszát, azaz megkeressük az a_2 paramétert.

Egységnyi sebességet feltételezve az idő és az elmozdulás szerinti függvények formailag azonosak, ezért az a_2 paraméter értéke azonos a pálya x tengely menti hosszának reciprokával, valamint a befutási idő számértéke azonos a pálya hosszával. Ezzel az értéke és jelentése is ismerté vált, most már csak a változó amplitúdóért felelős, és a kezdeti amplitúdó nagyságáért felelős a_1 paraméter értékét kell kiszámítani.

Ehhez a harmadik részfüggvényünk, amely a_1 -hez szükséges:

$$\beta 3(t) = t^{a_1} \cdot \beta 2(t), \quad (35)$$

és a negyedik, amely az a_0 paraméterhez nélkülözhetetlen:

$$\beta 4(t) = a_0 \beta 3(t). \quad (36)$$

a_1 kiszámításához már szükségünk van a szögsebességre, mivel a szöggyorsulást kell integrálnunk paraméteresen, a_0 -hoz pedig a szögelfordulás függvényre, mert az egyenleteket a pálya végértékére kell felírunk.

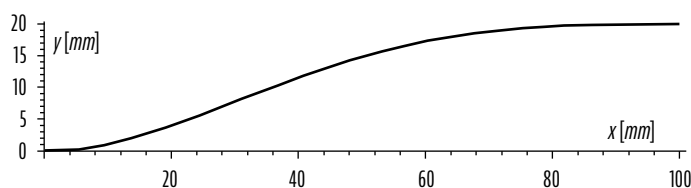
A feladat látszólag egyszerű, de okoz némi nehézséget, hogy mindaddig analitikusan meg tudtuk határozni a primitívfüggvényeket, de itt a szögelfordulás-függvény esetében ez nem járható, mert nem létezik zárt alakú primitívfüggvénye.⁹

A feladatot analitikus módszerekkel nem tudjuk megoldani, ezért át kell térjünk a numerikus módszerek használatára, amely azonban a későbbiekben tárgyalt CAD-kompatibilitást erősen lekorlátozza.

Tudjuk, hogy a pálya kezdő- és végpontjában a szögsebesség zérus, ezért a szöggyorsulásfüggvény integrálterülete is zérus. A végpontban értelmezett zérus szögsebességre írható egyenlet megadásához fel kell írunk a parametrikus szöggyorsulás-függvény numerikus integrálértékét a pálya végén. Ehhez fel kell osztanunk a pályát a kívánt pontosság-hoz illeszkedő részekre, majd az első periódus intervallumán numerikusan integrálnunk kell a szöggyorsulásfüggvényt. A kapott paraméteres integrálértéket zérusra megoldva határozzuk meg a_1 értékét.

Az útfüggvény meghatározása hasonló az előzőhöz, numerikusan kell integrálnunk a sebességfüggvényt, szintén paraméteresen. Itt a kapott paraméteres integrálértéket a pálya szögelfordulásának végértékére oldjuk meg, ezzel a_0 értéke is ismerté válik.

Nézzük meg egy 1000 mm hosszú és 20 mm ívfordítású pálya (a szemléletesebb ábrázolásmód miatti) síkba kiforgatott képét (21. ábra), y irányú sebesség- és gyorsulásfüggvényét (22. és 23. ábra), egységnyi zársebesség mellett.



21. ÁBRA. Eltolt zéruspontú, nem szimmetrikus, amplitúdó- és frekvenciatranszformált szinusoid gyorsulású kényszerpálya kiterített alakja (A szerző szerkesztése)

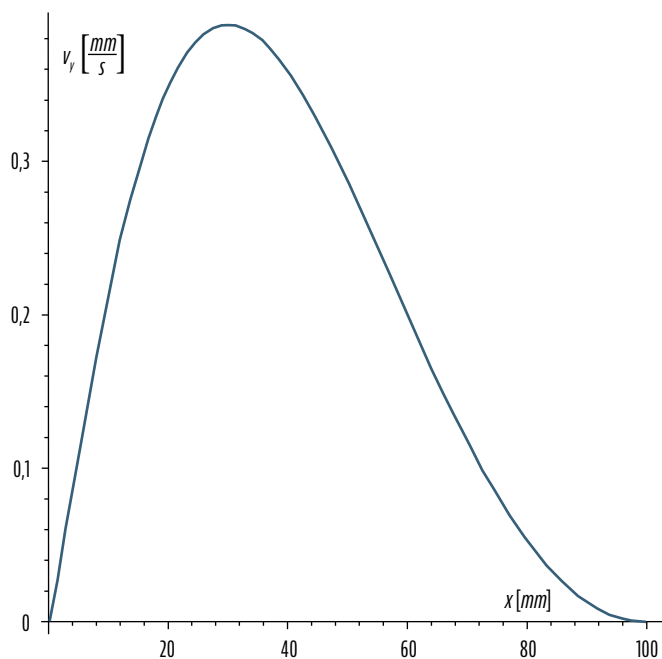
CAD-CAM KOMPATIBILITÁS

Manapság a 3D-s test- és felületmodellezést biztosító CAD-rendszerek a tervezőmérnöki gyakorlatban egyeduralgokká váltak, lényegében okafogyottá téve a hagyományos papíralapú, valamint a számítógépes 2D-s tervezést. A modern gépipart meghatározó – egy-két speciális területet nem ide számítva, de az alkatrész- és szerszámgyártást kiváltképp –, CNC¹⁰-szerszámgépek nem működtethetők a CAD-modellekből dolgozó CAM¹¹-rendszerek nélkül, ezért különösen fontos, hogy az elképzelt konstrukciók CAD-modelljeit elő tudjuk állítani, a virtuális 3 dimenziós vektortérben. Ez az esetek döntő többségében (például tengelyszerű vagy paralelepipedon jellegű alkatrészek) nem okoz különösebb problémát, de a nem egyenesekből és körívekből (mint analitikus görbékből) származtatott felületek megvalósítására csak az utóbbi 10-15 évben, a kereskedelmi CAD-rendszereken belül nyílt direkt lehetőségünk. Az is igaz továbbá, hogy azok az alkatrészek (például vezértárcsák), amelyek dolgozó felületei matematikai függvé-

⁹ Itt meg kell jegyezni, hogy a magasabb rendű polinompályákat mindig tudjuk analitikusan kezelni, de a magasabb rendű tagok együtthatói igen kis számok, ezért a CAD-rendszer számábrázolási korlátossága miatt használatuk csak látszólag célravezető. Ezek a numerikus hibák a pályakapcsolódásoknál figyelhetők meg, ahol az egyenes és az emelő pályaszakasz egyszerűen nem fog kapcsolódni az elfogadható hibahatáron belül.

¹⁰ Computer Numerical Control – számítógéppel vezérelt, itt számítógéppel vezérelt szerszámgép.

¹¹ Computer Aided Manufacturing – számítógéppel támogatott megmunkálás.



22. ÁBRA. Eltolt zéruspontú, nem szimmetrikus, amplitúdó- és frekvenciatranszformált szinuszoid gyorsulású kényszerpálya y irányú sebessége, egységnyi zársebesség esetén (A szerző szerkesztése)

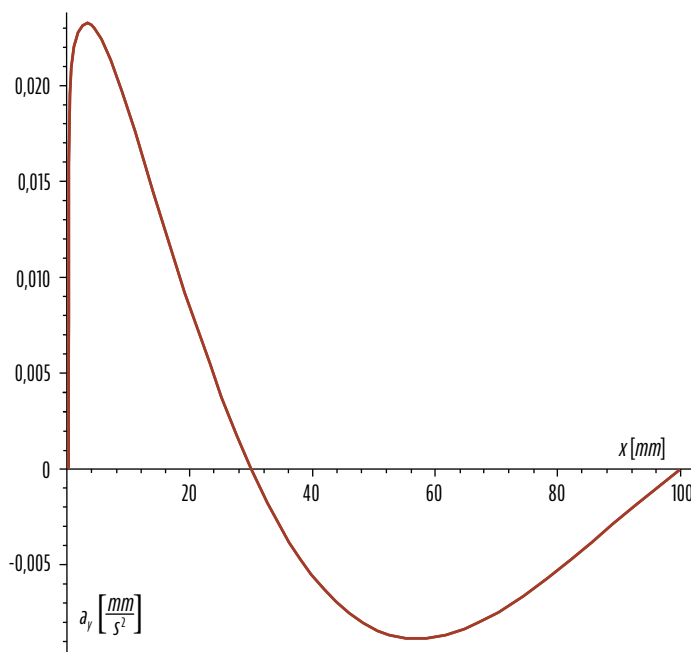
nyekkel meghatározottak, egyre inkább eltűntek a műszaki gyakorlatból. És nemcsak a műszaki gyakorlatból, de már az ezek tervezéséhez szükséges elméleti ismereteket sem oktatják az 1990-es évek elejétől egyetemünkön. Ezek ok-okozati összefüggések, mert a CNC-technológia elterjedésével a mechanikus automata szerszámgépek, mint a görbepályás vezértárcsák fő „felhasználói”, szintén ritkaságszámba mennek. De néhány szakterület maradt, ahol mégis szükségesek az analitikus, de nem elemi felületeket tartalmazó gépelemek alkalmazása. Az egyik ilyen, a teljesen mechanikusan működő automata fegyverek, ahol a forgó és lineáris mozgást egyaránt megvalósító kényszerpályákat tartalmazó alkatrészpárok döntő fontosságúak.

A CAD-rendszereket fejlesztő cégek, a korai CAD-rendszerek ezen hiányosságait érzékelvén, több alkalmazást is fejlesztettek, ezen feladatok megoldásainak támogatására. Ezek főként vezértárcsa-tervező modulok, de szinte minden CAD-rendszerben (10-15 éve) megjelent, az úgynevezett „egyenletvezérelt görbe”, mint térgörbékészítő lehetőség, amely a kezdetekben még csak síkgörbék tervezésére volt alkalmas. Ezek használatával a tervező, az általa megadott görbék tudja a CAD saját \mathbb{R}^3 virtuális világában objektumként elhelyezni, amelyek segítségével felületeket, testeket tud létrehozni, azaz generálni tudja a korábban nem megalkotható 3D-s alkatrészmódellet. Ezeket az alkatrészmódellet a CAM-rendszer már értelmezi, és a megfelelő CNC-szerszám gép számára gyárthatóvá tudja tenni.

Fontos látni azonban, hogy a tervezőnek saját magának kell ezeket a generálógörbéknek az egyenleteit megadni, amelyeket előtte ki kell tudnia számítani, mert ebben a CAD-rendszer semmilyen segítséget nem ad.

Látni kell azt is, hogy mi az előzőekben a pályafelületnek csak az egyik generátorát adtuk meg, jelesül azt, amelyik nem triviális, ugyanis az azok megadását a CAD-rendszeren belül végezzük.

Nézzük meg most, hogy hogyan is alakul ki egy cikloidális pálya a Solid Edge¹² rendszerben:



23. ÁBRA. Eltolt zéruspontú, nem szimmetrikus, amplitúdó- és frekvenciatranszformált szinuszoid gyorsulású kényszerpálya y irányú gyorsulása, egységnyi zársebesség esetén (A szerző szerkesztése)

A pálya végértéki elfordításának a szögértéke (φ_v), és az ahhoz tartozó axiális távolság (x_v), tervezési paraméter, azaz ismert adat. Ismert adat továbbá a forgó zárfej szárátmérője és ebből annak sugara (ρ). A térgörbe tehát a ρ sugarú hengerfelületen fog elhelyezkedni, $P_s[0 \ 0 \ \rho]^T$ start- és $P_v[x_v \ \rho \sin \varphi_v \ \rho \cos \varphi_v]^T$ végpozícióban. A köztes pozíciókra igaz, hogy egységnyi zársebesség esetén a (21) képlet szerint állíthatók elő, amelyből, ha elhagyjuk az egységnyi sebességet és most már áttérünk a fizikai tartalom nélküli t független változóra (mert ez a SolidEdge beépített független változója), akkor a térgörbe helyvektora:

$$\mathbf{r}(t) = \begin{bmatrix} t \\ \rho \sin(\varphi(t)) \\ \rho \cos(\varphi(t)) \end{bmatrix}. \quad (37)$$

A szögelfordulás függvényt ki tudjuk számítani a (24) szerint:

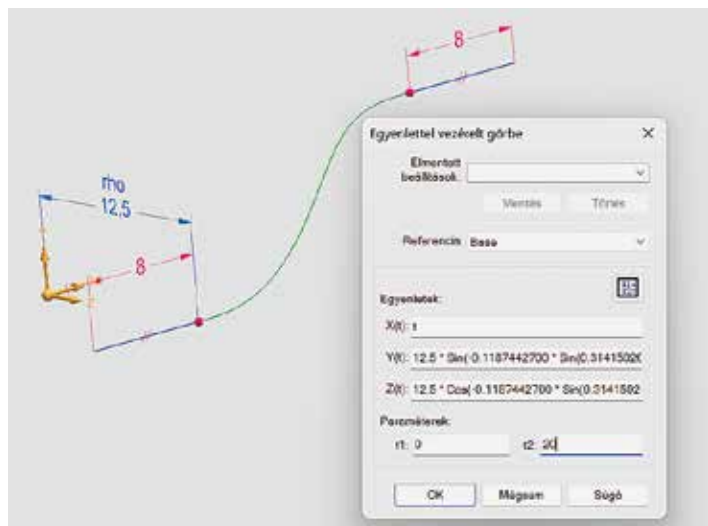
$$\varphi(t) = -\frac{b_1 \sin(b_2 t)}{b_2^2} + C_\omega t + C_\varphi, \quad (24)$$

így a kapott eredményeket közvetlenül be tudjuk írni a Solid Edge egyenletvezérelt görbékészítő moduljába, amely képernyőfelvételét a 24. ábrán láthatjuk.

Ezzel előállítottuk azt a térgörbét, amelyet a vezetőcsap hossz tengelye követni fog úgy, hogy közben a forgózár forgástengelyét is érinti, és arra minden pillanatban merőleges.

Mozgassuk most a vezetőcsap hossz tengelyét az általunk generált térgörbe, és a forgózár forgástengelye mentén, arra merőlegesen. Ezzel előállítottuk a vezetőcsap hossz tengelye által súrolt felületet (25. ábra kék felület), amelyet egyben a megmunkálószer szám tengelye is súrol. Ekkor már csak a vezetőcsap félátmérőjével meghatározott eltolásokat, valamint a félhengereket kell elkészíteni, és az ábra szerinti vágófelületet (25. ábra lazacszínű felület) „rá kell eresztetni” a zárkeret (25. ábra sárga test) modelljére.

¹² A Solid Edge egy 3D-s CAD/CAM/CAE tervezőszoftver az általános gépipar számára. A szoftver futtatása Microsoft Windows operációs rendszereken támogatott. A Solid Edge 2007-től a Siemens PLM Software terméke.



24. ÁBRA. A kiszámított skaláregyenletek megadása a Solid Edge rendszerben
(A szerző felvétele)

Ezzel a módszerrel minden, analitikusan adott pályageneráló függvénnyel előállított vezérpálya CAD-reprezentációja elkészíthető, de a nem analitikusak, mint például a legutóbb tárgyalt, numerikusan megoldott, eltolt zéruspontú szinuszoid nem. Ezek megvalósítására is léteznek módszerek, de ezek ismertetése nem elégítené ki a tudományos ismeretterjesztés kívánalmait, ezért itt eltekintünk.

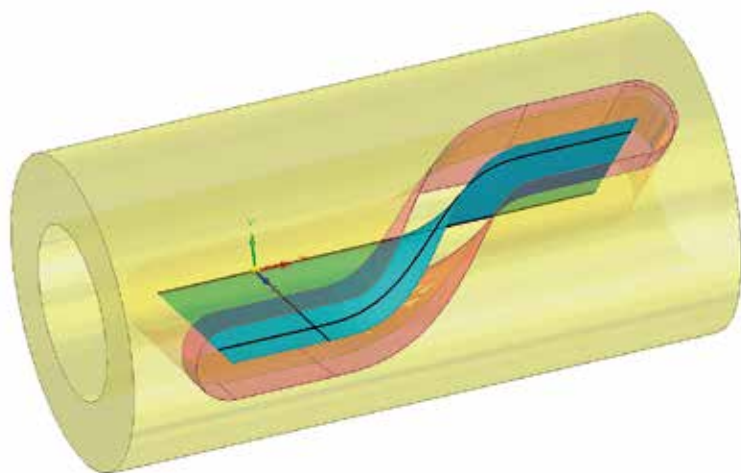
Ezzel a nem részletezett módszerekkel már a korai CAD-rendszerekben is lehetett találni megoldásokat, a tisztán numerikusan előállított felületek, testek generálására, amely módszerek a mostani fejlettebb rendszerekben is alkalmazhatók.

Az automata fegyverszerkezetek mechanizmusai között szép számmal találhatunk még egyéb, nem hengerfelületen forgó síkbeli kényszer mozgásokat is. Ezek tervezése és elemzése kissé más megközelítést igényel, valamint az ottani összefüggések, ha nem is bonyolultabbak, de mindenképpen érdekesebbek. Kifejtésükre egy másik tanulmányban teszünk kísérletet.

KÖVETKEZTETÉSEK

A legegyszerűbb pályák elemzésével megállapítottuk, hogy amennyiben a szerkezetünk működése során nem elhanyagolható mértékűek a dinamikai hatások, úgy nem elég a pályaalakot a szokásos módon (legtöbbször valamely létező konstrukció lemásolásával), megtervezni, hanem meg kell határozni az adott pályaalak kinematikai viszonyait a várható erőhatások ismerete érdekében. Vagy a tervezési alapadatok segítségével, az erőhatásokra optimalizált pályaalakot kell megadnunk –, mert ez sem nagyobb munka, mint az előző, különösen, ha a gépparkunk megvan annak gyártásához. Látni kell, hogy már a lekerekített Z pálya sem gyártható hagyományos szerszámgépen csak standard készülékekkel, azon csak egyszerű Z pálya gyártható, de az sem könnyen.

A CNC-gépek elterjedésével a gyártás kérdése lényegében megoldottnak tekinthető, de azt ne felejtjük el, hogy bármely forgózárat vezérlő pálya előállításához legalább három és fél tengelyes¹³ szerszámgépre van szükségünk, de folyamatos megmunkálás esetén ez



25. ÁBRA. A szinuszoid pálya kialakulása CAD-rendszerben
(A szerző szerkesztése)

négyszögletű igényel. (Ekkor megmunkálás közben a munkadarabot forgatnunk kell tudni a forgózár forgástengelye körül, amely forgatás az egyenleteinkben szereplő φ szerinti szögforgatással azonos.)

Összességében kijelenthetjük, hogy:

- Az egyszerű Z pálya alkalmazása csak kézi mozgatás esetén indokolható, alkalmazása automata fegyvereknél szóba sem jöhet.
- A lekerekített Z pálya alkalmazása csak kis dinamikájú mozgatás esetén megengedhető, ahol az erőket kiszámítottuk, és ellenőriztük a keletkező feszültségeket.
- A rádiuszpálya alkalmazása nagy dinamikájú mozgatásra is megoldás lehet, de számítanunk kell az ütköző felületek felverődésére, ezért az erőket és a Hertz-féle érintkezési feszültségeket minden esetben számítani kell.
- A cikloidális vagy a legalább hatodfokú polinompálya optimális megoldás lehet, de a pályaalak előállítása idő- és számításigényes, amely megnöveli a tervezési időt, valamint a pálya inflexiók pontjában (a zérus gyorsulású pontban), és annak környékén jelentősen megnövekszik a nyomáshő, amelyhez bár elméletileg kis gyorsítóerők társulnak (lásd az első részben közölt 12. ábrát), de gátolt forgatás esetén ez a vezetőcsap befeszüléséhez vagy töréséhez vezethet. Érdemes ezért a szokásosnál némileg hosszabb kireteszelési utat biztosítani, azaz a pályát laposítani.
- Az eltolt zéruspontú szinuszhullám, vagy legalább nyolcadfokú polinompálya megoldást kínál azon speciális fegyverkonstrukciók zár szerkezeteinél, ahol a tűzütetet a lehető legmagasabbra szeretnénk felemelni, ezért már tervezési szinten megengedjük rendszerünkben a korai nyitáshoz¹⁴ nevezett, hagyományosan azonban kerülendő jelenséget. A szinuszhullám pályaalak hátránya, hogy nem mindegyik CAD-rendszerben állítható elő (ráfordított munkaóra szempontjából), hatékonyan. A polinomiális pálya látszólag jó megoldás lehet, de a CAD-rendszerek számbázis pontosságuk korlátozza alkalmazhatóságukat, ezért a pálya nem minden esetben reprezentálható a leíró egyenletével. ■

¹³ Az egész tengelyek száma jelenti az adott szerszámgép megmunkálás közbeni, egymástól független kinematikai tengelyeinek számát. A fél tengely esetén csak a megmunkálás megszakisításával tudunk mozgást előidézni az adott tengely mentén, vagy körül.

¹⁴ Korai nyitáshoz nevezünk azt a jelenséget, amikor a gázdugattyú hatására hátraható zárkeret már akkor elkezd a zárfejet forgatni, amikor még a fegyvercsőben a löpőgázok nyomása jelentős, bár a lövedék már elhagyta azt. Ekkor a zárfej reteszfelületei a tokban lévővel összefeszült állapotban vannak, miközben a vezetőcsap már azokat egymáson elforgatja, jelentős túlterheléseket adva ezzel a kinematikai lánc valamennyi elemének.

FALTIN ZSOLT* – BENEDA KÁROLY**

A HATÁRRÉTEG KEZELÉSÉNEK KÍSÉRLETI TESZTELÉSE SZIMULÁCIÓS PROGRAM SEGÍTSÉGÉVEL

ÖSSZEFOGLALÁS: A centrifugális kompresszorok csak üzemidejük töredékében működhetnek optimális körülmények között, emiatt mindenképpen indokolt azok instabil üzemiállapotainak vizsgálata. A határréteg elszívása vagy elvezetése, valamint a turbulens határréteg lefűvése már több évtizede alkalmazott, kipróbált technológiának számít a repülésben és más, áramlástechnikai gépeket alkalmazó iparágban. A határréteg turbulenssé tétele az abban megvalósított impulzuscsere által azonban összetettebb folyamat, amely az új áramlási szimulációs eszközök segítségével jól megfigyelhetővé, illetve számíthatóvá vált. Jelen tanulmányban egy új pompázsvédelmi rendszer numerikus áramlási szimulációs módszerekkel történő vizsgálatának eredményeit publikálják a szerzők.

KULCSSZAVAK: kompresszorok, pompázs, határréteg-leválás, CFD-számítás

ABSTRACT: Centrifugal compressors could operate at optimal circumstances in only a period of time, that is why it is very important to examine their unstable working regime. Boundary layer handling techniques like bleed air systems or blowing devices are widely used for decades in the aerospace industry and partly at turbomachines also. The third option of boundary layer control, namely the transformation of the laminar stream into turbulent flow by increasing the impulse change near the wall is a radically new idea and it has existed only in elementary considerations, because it is a very complex problem and it could not be examined by traditional equipments. Thanks to the ever-developing computer added simulation techniques in fluid dynamics these previously unmapped phenomena became visible and observable. In this article there can be found the results of such a numerical investigation.

KEYWORDS: compressors, surge phenomenon, boundary layer control, CFD calculation

BEVEZETÉS

A centrifugális kompresszorok az ipar számos területén előfordulnak a földgázszállítástól kezdve a belső égésű motorok feltöltőin és a repülőgépjárművek kompresszorokozatain át, egészen a most rohamosan terjedő üzemanyagcellás hajtásrendszerek légsűrítő berendezéséig. A kompresszor üzemével kapcsolatban minden felhasználási terület esetében – a folyamatos és megfelelő állapotú közegellátás biztosítása mellett – fontos feltétel a stabil működés. Ez a földi telepítésű berendezések esetében könnyebben kivitelezhető folyamat. Ezeket a hőerőgépeket ugyanis állandó fordulatszámra tervezik, és ebben az esetben a környezeti paraméte-

rek változásán kívül nem sok minden befolyásolja a kompresszor üzemét, ami a geometriai kialakítással jól optimalizálható a legnagyobb hatásfokú működés érdekében. Járművekben, de főleg légi alkalmazások esetében jóval bonyolultabb a feladat, mivel a kompresszor üzemét a motor aktuális üzemiállapota határozza meg, de ebben az esetben legalább a levegőellátás körülményei közel azonosak. Légi eszközök esetében a kompresszor működését nemcsak a gázturbinás hajtómű aktuális üzemiállapota határozza meg, hanem a repülőgép térbeli helyzete is. Szélsőséges példa erre az állóhelyzetből maximális teljesítménnyel induló, vagy a leszállás közben, levett gázzal süllyedő repülőgép közel alaplárati



fordulatszámra üzemelő hajtóműve, amelybe ilyenkor a szükségesnél jóval nagyobb mennyiségű levegő áramlik. Ezekből a példák közül is látható, hogy a közlekedési eszközökben történő alkalmazásokban a centrifugális kompresszorok csak az üzemi töredékben működhetnek a tervezési, közel optimális körülmények között. Emiatt mindenképpen indokolt az instabil üzemiállapotok vizsgálata és azok megszüntetésére alkalmas berendezések fejlesztése. A jelen tanulmányban egy lehetséges megoldás numerikus, áramlási szimulációs módszerekkel történő vizsgálatának eredményei olvashatók.

AZ ÖRVÉNYGÉPEK ÜZEME SORÁN ELŐFORDULÓ INSTABILITÁSOK

A pompázs lényegében egy egydimenziós jelenség, amely a levegő tömegárama és nyomása ingadozásában jelentkezik az egész kompressziós rendszerre nézve. A kilengés során közeg-visszaáramlás is jelent-

1. ÁBRA. Centrifugális kompresszor szívócsatornafalában kialakított pompázskamra egy TSz-21¹ típusú indító gázturbina metszetén (A szerzők felvétele)

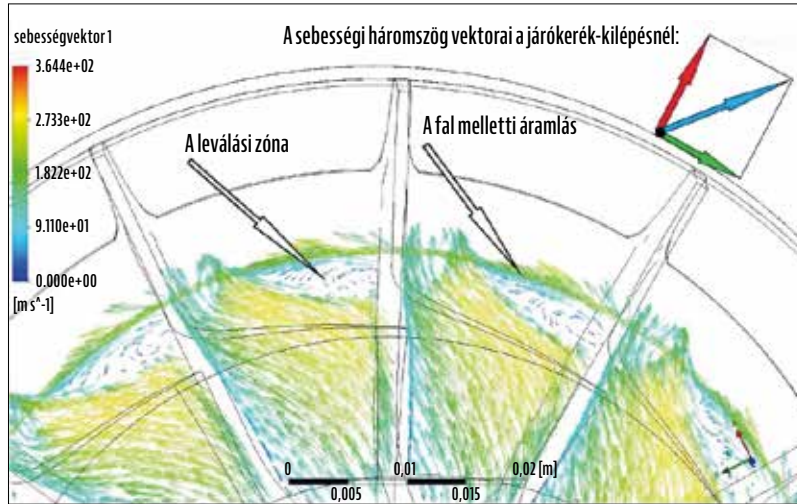
* Tudományos segédmunkatárs, Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar Repüléstudományi és Hajózási Tanszék.

** PhD, egyetemi adjunktus, Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar Repüléstudományi és Hajózási Tanszék. ORCID: 0000-0003-1900-7934

¹ МКБ „ГРАНИТ”; Турбокомпрессорный Стартер ТС-21.



2. ÁBRA.
A centrifugális kompresszor tengelyre merőleges metszeti síkjában látható áramlási kép (A szerzők szerkesztése)



kezik, jelentős teljesítménycsökkenést kiváltva. A forgó leválás egy lokális instabilitás. Ez kisebb sebesség-ingadozással kezdődik a kompresszor egy meghatározott részénél, és kerületi irányban terjed az egész kerület mentén. [1] Kísérletek megmutatták, hogy a kompresszorpompázs jelenségét kiválthatják a járókerék bemenetén jelentkező leválások [2], de idesorolhatók az alacsony frekvenciájú lengések a diffúzorban, ahol a diffúzor lapátjain szintén jelentkezhet forgó leválás. [3] A pompázsjelenség kiváltói lehetnek még a nyomáslengések következtében jelentkező ingadozások a járókerék fordulatszámában.

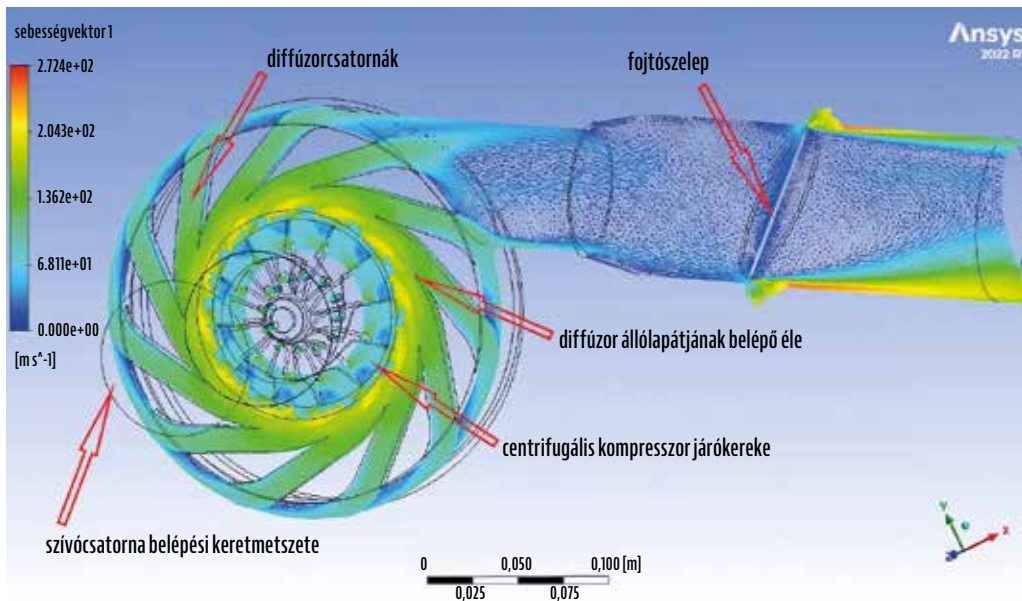
következtében lecsökken a határos áramlási keresztmetszet a diffúzorcsatornában. Az áramlás ezekben a szűkülő csatornában egy kis időre felgyorsul, majd, amikor az ellennyomás elér egy kritikus szintet, akkor a közeg folytonos áramlása fokozatosan megszűnik. Azt a pillanatot, amikor a közeg a diffúzorban uralkodó ellennyomás hatására megindul visszafelé, a pompázs kezdetének nevezzük. Ezzel megkülönböztethető az instabilitások két fő ága, ugyanis, ha a leválások kialakulásakor a diffúzorban lévő ellennyomás nem növekszik tovább a kritikus szintig, akkor a leválási mező a járókerék forgási irányával ellentétes irányban, de annak szögsebességénél lassabban szintén forgásba kezd, létrehozva ezzel a forgó leválási mezőt. A forgó leválás jelensége mindaddig fennmarad,

amíg a közegnek a nominálisnál nagyobb ellennyomást kell leküzdenie. Az adott fordulatszámhoz tartozó kritikus nyomásviszony felett azonban az áramlás összeomlik, és a közeg megindul visszafelé. Ez összenyomható- és összenyomhatatlan, tehát közel állandó sűrűségű közeggel dolgozó örvénygépekre általánosan érvényes jelenség, még normal üzemi körülmények között is. A centrifugális kompresszor karakterisztikájában is részben azért nem az adott állandó fordulatszámot mutató görbén elhelyezkedő legnagyobb nyomásviszonyhoz tartozik a legmagasabb hatásfokhoz tartozó üzemmód – azaz az üzemi görbe pontsora –, mert még az eredő sebességvektorok tekintetében időben állandó, azaz kvázistacionárius áramlás esetén is a nagy sebességgel forgó járókerék és az álló ház fala közötti résben már tapasztalható valamekkora visszaáramlás.

Ennek a fal mentén megjelenő kúszóáramlásnak a sebességvektorát azonban módosítja a járókerék-lapátok kilépőélén megjelenő tangenciális irányú áramlás (2. ábra), amelyet a lapátok két oldalán jelen lévő nyomáskülönbség hoz létre, azt igyekszik kiegyenlíteni. Ennek a két lapátvégi áramlásnak a szuperpozíciójából létrejövő leválások és ezeknek az áramló közeg általi tovaterjedéséből adódó örvények a hatásfok csökkenésének fő okozói az áramló közeg megnövekedett belső súrlódásából adódó hőfejlődés miatt. A járókerék-csatornákból a diffúzor felé továbbhaladó örvények a járókerék-csatornából kilépve leszakadnak, és az áramlási mező módosításával az áramló közegnek a diffúzor állólapátsorának belépőéle felírható sebességi háromszögeket módosítják. Ezt a sebességi háromszöget a járókerék kilépési keresztmetszeténél a három felírható sebességkomponens alkotja. A 2. ábrán láthatóan a járókerék forgási sebességéből adódó érintőirányú, más néven tangenciális vektor jelenti az ún. szállító sebességet, melyet a zöld nyíl jelöl. A járókerék lapátcsatornában a lapátgeometria határozza meg az áramlás fő irányát. Amit és amelynek nagyságát a relatív sebességvektor (a piros színű nyíl) reprezentálja. A kettő összegéből adódik

A pompázsjelenség öt fő fázisra bontható. A tényleges folyamat megelőzően a fokozatosan növekvő ellennyomás hatására a diffúzorban leválások keletkeznek, amelyek

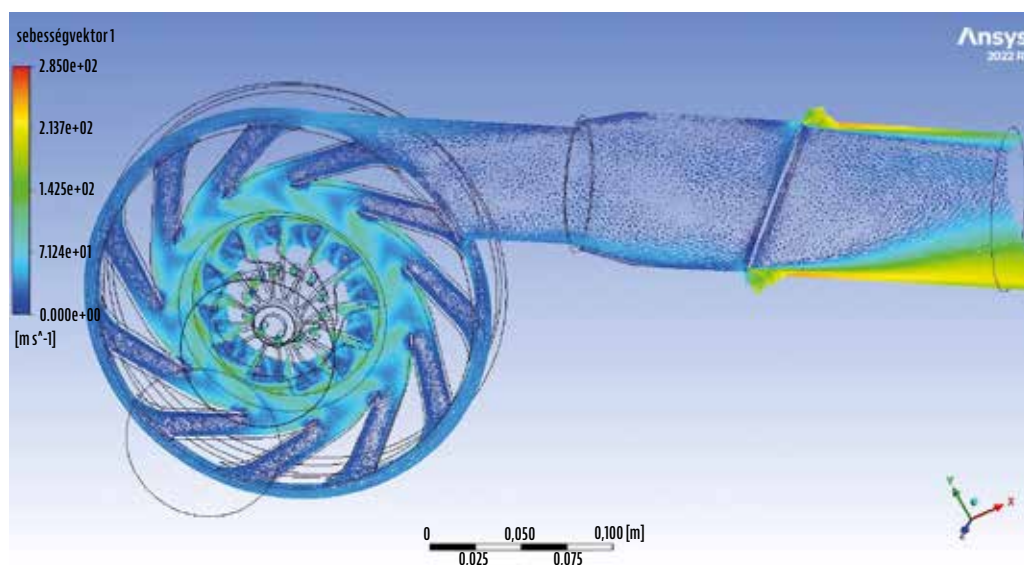
3. ÁBRA.
A numerikus szimulációhoz használt kompresszorgeometria főbb részei (A szerzők szerkesztése)



a késsel jelölt abszolút sebességvektor, amely a diffúzor lapátsorára érkező áramlás irányát határozza meg.

Az optimálistól eltérő, örvényes áramlás tovább növeli a diffúzor állólapátainak belépőélén jelentkező leválásokat, amelyek a pompázs kialakulásának, azaz az áramlás összeomlásának gyújtópontjaiként definiálhatók. A harmadik fázis a visszaáramlási szakasz, amelyben az áramlás összeomlása miatt a közeg a teljes áramlási térben visszafelé áramlik. A fentebb említettek szerint ezt a diffúzor utáni szakaszban éppen jelen lévő nagy ellennyomás okozza, amely a visszaáramlással azonnal meg is szűnik, így a csökkenő ellennyomás ellenére a közeg visszaáramlása csak kis késlekedéssel szűnik meg, de a diffúzor utáni szakaszban a statikus nyomás soha nem apad a környezeti nyomás szintjére. Az ellennyomás csökkenésével azonban, mivel a kompresszor forgó járókerekekében az impulzusnyomatéki tétel értelmében az energiatranszfer továbbra is fennmarad, a közeg újra áramlásnak indul a járókerék-csatornáknak. Ezt a fázist nevezzük visszatérési pontnak. Amennyiben menet közben, például egy pompázsszelep segítségével a diffúzor utáni nyomás a kritikus érték alá csökken, így a stabil áramlás fennmarad, akkor visszatérési állapotról beszélünk. Ha azonban az ellennyomás újra a kritikus szint fölé növekszik, akkor a rendszer visszatér a kiindulási fázisba, és sorrendben megisméltődnek a fenti folyamatok mindaddig, amíg az azt kiváltó hatás meg nem szűnik. A pompázsjelenség könnyen felismerhető ezekből a csillapítatlan nyomáslengésekből adódó dübögésből, és éppen ezekből a nagy amplitúdójú és frekvenciájú nyomáslengésekből adódó mechanikai terhelés az, amely a kompresszor egyes részeinek károsodásához vagy teljes meghibásodásához vezethetnek.

Légi alkalmazások esetében nem csak mechanikai károsodás során okozhat végzetes bajt a repülőgépjármű kompresszorában kialakuló pompázs. Ahogy azt a fentiekben bemutattuk, a pompázsjelenség során a kompresszorban áramló közegnek nemcsak



a mennyisége, hanem az iránya is változik, és ez a tengelyteljesítmény leadó hajtómű esetében a kimenő teljesítmény. A propulziós elven működő gázturbina esetében az ingadozás a tolóerő drasztikus csökkenését eredményezi, amely alacsony magasságon, bizonyos repülési helyzetekben, például nagy állásszögű emelkedésnél vagy kis magasságon végrehajtott, nagy állásszögű fordulóknak a repülőgépjármű áteséséhez vezethet az áramlás leválásából, valamint az ebből adódó hatásos áramlási keresztmetszet csökkenéséből következő tolóerőcsökkenés miatt. De nem csak ekkor jelenthet problémát a kompresszor-pompázs. Mivel a hajtómű kompresszorában ébredő nyomáslengések tovaterjedhetnek az égéstérre, ahol az elégtelen levegőellátás miatt módosult tüzelőanyag-levegő arány, valamint a statikus nyomás hirtelen megváltozása a láng leszakadásához vezethet. Az ilyen eset végső soron a hajtómű teljes leállítását eredményezi. Rosszabb esetben az égéstér olyan mértékben telítődik el nem égett tüzelőanyaggal, hogy az a normál üzemi hőmérsékletre felhevült égéstérben kontrollálatlanul begyullad, amely hajtóműtűzhöz vezet. Ekkor az már nem indítható újra, és emiatt a repülést mindeképpen meg kell szakítani.

A POMPÁZSVÉDELMI MÓDSZER ISMERTETÉSE

A pompázsjelenséget már az örvénygépek alkalmazásának kezdetén fel-

fedezték. Alfred Büchi² vetette fel a belső égésű motorok feltöltésének lehetőségét, és az 1920-as években már a szivattyúk mintájára megszülettek a levegő sűrítésére alkalmas kompresszorok is. Ezeket az eszközöket először szélesebb körben a második világháborús repülőgépek motorjainak feltöltésére használták mind mechanikus (pl. Daimler-Benz 605 típusú motor), mind az égésgázok energiatartalmának részleges hasznosításával turbófeltöltő formájában (pl. Allison V-1710), de magassági csillagmotorok esetében alkalmazták a két módszert együttesen is (pl. Pratt & Whitney R-1830-35 Twin Wasp). Ekkor a turbó centrifugális kompresszorától érkező, már egy fokozatsűrítésen átesett levegőt egy közbülső, levegő-levegő hőcserélőn (ún. inter-cooleren) átvezetve jutott a munkaközeg a csillagmotor fő tengelyéről fogaskerék-áttételen keresztül hajtott mechanikus feltöltőhöz, amelyek magassági motorok esetében a különböző repülési magasságokon érvényes környezeti nyomásnak megfelelő sűrítési arány elérése érdekében többfokozatúak voltak. A pompázsjelenség kivédésére az 1920-as években csak passzív eszközök léteztek, amelyekkel a kor mérés technikája nem tette lehetővé ezeknek a nagyfrekvenciájú lengéseknek a nyomon követését a hagyományos műszerekkel. Így csak passzív módszerek születtek a kompresszor-pompázs jelenségének kivédésére,

4. ÁBRA.

Az ábrán jól látható a pompázsjelenség kialakulása a numerikus szimuláció során. Emellett megfigyelhető az áramlás összeomlása a teljes geometriában (A szerzők szerkesztése)

² Alfred Büchi (1879. július 11. Winterthur, Svájc – 1959. október 27.) svájci mérnök, a turbófeltöltés feltalálója.

mint például a pompázkamra (1. ábra), amely – ahogy neve is jelzi –, tulajdonképpen üregek kialakítását jelentette a kompresszor állórészében. Ezeknek a kamráknak a belső nyílásait a kompresszor-járókeréklapátok kilépőélinek első kétharmadához közel alakították ki, ahol a korábban említetteknek megfelelően a járókeréklapátok kilépőélinekél megjelenő leválások és örvények, illetve az ellennyomás okozta visszaáramlás mértékét is csökkentették, de a fő szerepük, a pompázs, azaz a közeg tényleges visszaáramlásakor jelentkező nyomáslengések csillapítása volt.

További passzív eszközök voltak még a járókerékház falában kialakított csatornák. [4] Ezeknek létezik olyan változata is, amelynek az egyik nyílása ugyanott található, ahol a pompázkamráké, de attól eltérően ezeknek kivezetése van a járókerék belépési keresztmetszete elé, ahol a járókerék szívóhatása miatt relatív vákuum is létrejön [5], így az ún. SRBS (Self-Recirculating Bleed Slot – külső energiabevezetést nem igénylő, a közeg visszaáramlását lehetővé tevő csatornák) kialakítású járatokban a közeg áramlása jön létre a járókerék középső keresztmetszetétől kezdődően, és ezzel tulajdonképpen elszívja a lapátok kilépőélinekéről a leváló örvények nagy részét, amely így nem a járókeréklapátok szívóoldalán egyenlítődik ki. Ezek a lapátvégi örvények amellet, hogy kialakulásuk energiafelhasználással jár, amely a közeg mozgási energiájából vesz el és disszipációjuk³ során a rendszer izentropikus hatásfokára⁴ nézve káros hő szabadul fel, még jelentős mértékű hatásos áramlási keresztmetszetcsökkenést is okoznak. A levegő egy részének visszaáramol-

tatását lehetővé tevő csatornák alkalmazásával ezek a negatív hatások jelentős mértékben csökkenthetők.

Súrlódásmentes esetben, ha a munkaközeg sűrűségét állandónak vesszük, akkor az áramlás irányában növekvő keresztmetszetű csőben annak lassulásával összefüggő nyomásnövekedés a *Bernoulli-egyenlet* (1) segítségével számítható: [6]

$$(p_2 - p_1)_{ideális} = \frac{\rho}{2}(v_1^2 - v_2^2) \quad (1)$$

ahol 2-es számmal a diffúzor kilépő keresztmetszetében lévő jellemzőket, míg 1-es indexszel a belépő keresztmetszetben mérhető nyomás-, illetve sebességjellemzőket jelöltük. A nyomásnövekedés ellenében áramló folyadék esetében a súrlódás miatt a falhoz közeli rétegek nagyobb ütemben lassulnak, mint a faltól távoliak, emiatt a határreteg gyorsabban vastagodik, adott esetben leválások keletkezhetnek. Ez a jelenség figyelhető meg a járókeréklapátok (5. ábra) vagy például a repülőgépek szárnyainak kilépőélinekén, ahol az áramlás leválása és ezzel a turbulens határreteg előrekúszása a dinamikus elven keletkező felhajtóerő megszűnését is okozhatja, amely repülőgépek esetében általában nagy állásszögű manőverek esetében fordul elő. A 5. ábra képein ez a jelenség figyelhető meg egy áramlásba helyezett szárnyprofilon.

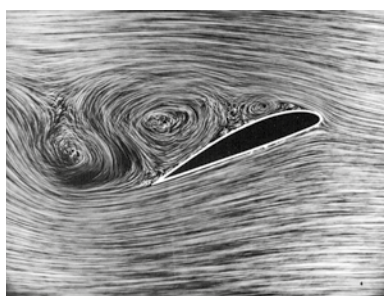
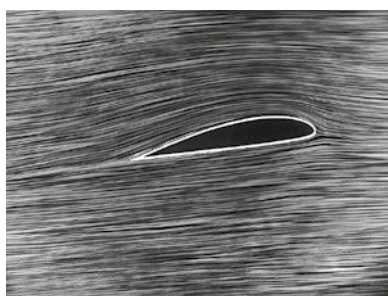
Az áramlás leválásának megakadályozása az egyszerűsített Bernoulli-egyenlet szerint úgy érhető el, hogy vagy a nyomás, vagy a sebesség változásának mértékét befolyásoljuk, aminek segítségével a határreteg minősége módosítható. A fal környezetében áramló közeg se-

bességének hirtelen megváltozását, diffúzoros jellegű áramlás esetében annak csökkenését úgy érik el, hogy változtatnak a kúpszög nagyságán, vagy repülőgépek esetében korlátozzák a szárny állásszögének nagyságát, amelynek egy bizonyos tartományon belül kell maradnia, nem érhet el egy, a szárnyprofilra jellemző maximális értéket. Csőidomok vagy járműkarosszéria-elemek kialakításánál általában nagyobb görbületi sugarú íveket, illetve módosított lekerekítéseket alkalmaznak. További lehetőség a falhoz közel áramló közegrések sebességének növelése, aminek megvalósítására több megoldás látott napvilágot. Az első a *lelassult közegrések eltávolítása* [6], más néven a *határreteg-elszívás* módszere, amely nagysebességű repülőgépek esetében a szívócsatorna beömlőnyílás mellett általánosan alkalmazott technológia. (6. ábra)

Másik módszer a *közegrések gyorsítása a határretegben*, amely történhet nagy sebességű sík levegősugar befúvásával közvetlenül a fal mellett. [6] Ez a gyakorlatban is alkalmazott megoldás repülőgépek szárnymechanizációinál, például réselt fékszárnyak esetében, ahol a fékszárnyak közötti réseken keresztül a szárny alatti áramlás át tud haladni. Ugyanezt az elvet alkalmazták a MiG-21 típusú vadászipülőgép SzPSz-rendszerénél⁵, ahol a sugárhajtómű kompresszorfokozatótól elvezetett nagynyomású levegőt vezették a szárnynak, a lenyíló fékszárny-mechanizáció előtti kilépőélinekhez megelőzve ezzel a leengedett féklap irányeltereléséből adódó áramlásleválást.

További lehetőség a falhoz közeli áramlás sebességének növelésére a *határretegben belüli impulzuscsere megvalósítása*, amely lényegében a *lamináris határreteg turbulenssétételét*, más szóval a fal melletti áramlásban a *turbulencia növelését jelenti*. [6] Ez utóbbi lehetőséget vizsgáltuk egy turbófeltöltő centrifugális kompresszorának módosításával, amely esetében a levegő visszavezetése a diffúzor utáni részből

5. ÁBRA.
A szárny állásszögének növekedésével kialakul az áramlás leválása a szárnyprofilon [7]



³ Disszipáció: a valóságos termodinamikai folyamatokban az energia egy részének elkerülhetetlenül irreverzibilis módon való hőenergiává alakulása.

⁴ Az izentropikus kompresszor hatásfok az izentropikus munka és az aktuális adiabatikus tengelymunka hányadosa.

⁵ Система Сдува пограничного слоя – határreteg-lefúvó rendszer.



6. ÁBRA. Határréteg-leválasztó a szívócsatorna-beömlőnyílás és a törzs közötti részen sárgával jelölve egy Saab JAS-39 Gripen C típusú repülőgép esetében (Forrás: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu)

a járókerékagyon keresztül történik közvetlenül a járókerék-csatornába. [10] (7. ábra)

A jelen kísérlet során megvizsgáltuk a fent említett módszert, amelynek fő célja a járókerék-lapátok és a munkaközeg közötti kölcsönhatás minőségének javítása által a kompresszor stabil üzemi tartományának növelése. A módszerrel ugyanúgy kontrollálhatóvá válik egyrészt a lapátok felszínén kialakuló áramlás és ez által az ott ébredő nyomás minőségének optimalizálása (*Blade Load Distribution Control*) [9], másrészt – az előbbivel szoros összefüggésben – a lapátcsatorna hatásos áramlási keresztmetszetének növelése, illetve a közeg és a szilárd fal közötti energiáttranszfer minőségének javítása. Jelen esetben a közeg elvezetésnek kiindulási pontja a kompresszor diffúzora utáni rész egy pontja, ahol a közegnek a diffúzorból történő kiáramlását követően annak kinetikai energiája a sebességsökkenésből adódóan potenciális energiává alakult, azaz nyomása megnőtt. Ez ele-

gendő mértékű ahhoz, hogy a közeg külső energiabevezetés nélkül képes legyen visszaáramolni a járókerék-lapátcsatorna egyharmadánál lévő keresztmetszetbe. Ez a járókerék bevezető szakaszának vége, amelynek az a feladata, hogy a belépésnél érvényes sebességi háromszögeknek megfelelően bevezesse a közeg a járókerék azon részébe, ahol az energiáttranszfer megvalósul. Előbbit az angol szakirodalom „inducer” megnevezéssel illeti, míg az utóbbi rész ténylegesen az „impeller”. Az itt bevezetett, a diffúzor utáni részből elvezetett levegő az inducer részből érkező levegővel egyesülve halad tovább, de a két áramlás sebességvektorainak (8. ábrán piros nyilakkal jelölve) eredője szerint a lapátcsatorna külső átmérőhöz közeli részében. Az inducer (1), valamint az impeller (2) belépési, illetve kilépési keresztmetszetei 1.1, 2.1 és 1.2, 2.2 jelöléssel a 8. ábrán láthatók.

Az impulzusnyomatéki tétel szerint *így nagyobb energia adható át a közegnek azonos fordulatszám és bevezetett munka esetén*, amely végső soron

az adott üzemiállapotban nagyobb nyomásnövekedés (Δp_2) elérését teszi lehetővé. Az új módszer ezen hatása pontosan kimutatható volt több üzemiállapotban Ansys CFX szimulációk során, melynek eredményeit az 1. táblázat tartalmazza.

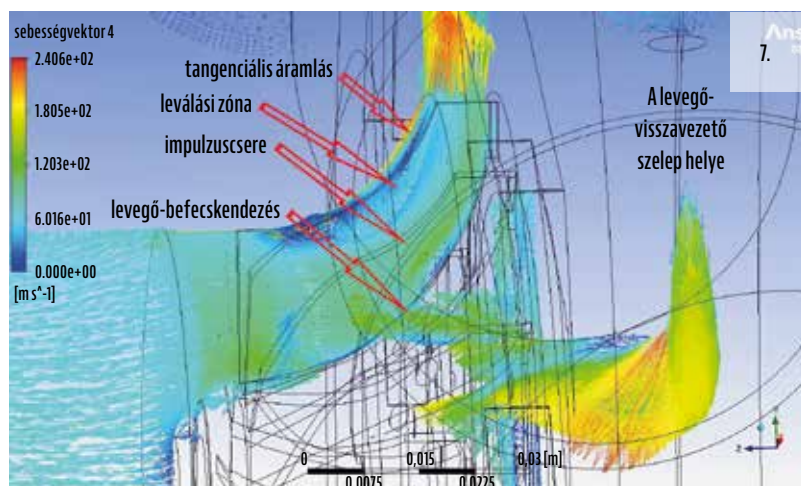
Ahogy az a táblázatból kitűnik, a közeg visszavezetésének ilyen típusú módszere nemcsak a sűrítési végnyomást növeli meg, hanem a vég-hőmérsékletét is. Ez annak tudható be, hogy a visszaáramlatott közeg merőleges irányban találkozik a lapátcsatornában érkező főáramlással, amely megnövelte a keveredő molekulák belső súrlódásából adódó hőfejlődést. A kompresszor jóságát kifejező izentropikus hatásfok képletéből (2) adódik, hogy a kilépő hőmérséklet növekedése rontja a kompresszor hatásfokát. Az izentropikus hatásfok képlete:

$$\eta_{sc} = \frac{\pi_K^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1}{T_{2,2}^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - T_{1,1}^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}} \quad (2)$$

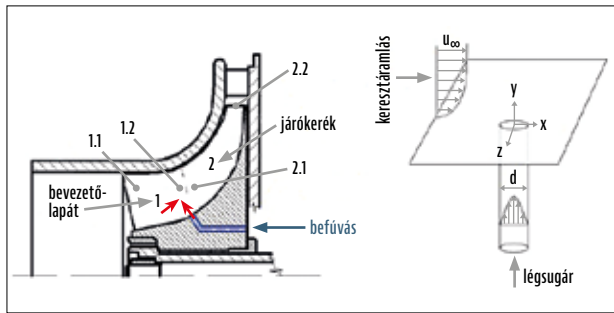
ahol π_K^* a kompresszor torlóponyi nyomásviszonya, T^* a kompresszor

7. ÁBRA. A levegőbefúvós módszerének működés közbeni megjelenítése a CFD (Computational Fluid Dynamics) szimuláció eredményei alapján (A szerzők szerkesztése)

1. TÁBLÁZAT. A levegő-visszavezetés hatása a kompresszor kimeneti jellemzőire [10]



Fordulatszám [1/f]	Szelep zárva (0) / nyitva (1)	Δp_2 [Pa]	T_2 [K]	\dot{m} [kg/s]	η_{sc} (-)
60 000	0	69 304,5	416,228	0,4409	0,419003
60 000	1	69 745,2	422,933	0,4481	0,398258
70 000	0	72 682,9	387,586	0,5315	0,578561
70 000	1	72 943,1	393,529	0,5388	0,543412
80 000	0	961 985	454,071	0,5685	0,413452
80 000	1	970 903	461,082	0,5752	0,398384
85 000	0	103 310	475,131	0,5853	0,384966
85 000	1	104 400	482,958	0,58816	0,371567
90 000	0	118 852	455,060	0,5932	0,485193
90 000	1	119 597	464,611	0,61042	0,459256

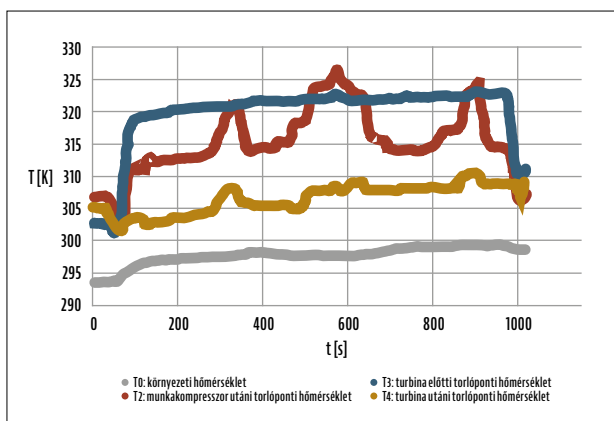


8. ÁBRA. A fal melletti főáramlásra merőleges levegő-befúvás szemléltetése (A szerzők szerkesztése)

megfelelő keresztmetszeteiben a torlóponthoz közeli hőmérséklet, míg κ a levegő adiabatikus kitevője.

Ez a szimuláció eredményeiből is jól látszódik. Így normál üzemi körülmények között ennek a módszernek a hatása nem hoz javulást, de más a helyzet a kompresszor instabilhoz közeli üzemi állapotai esetén. Ekkor ugyanis, ahogy azt fent említettük, a folyamatosan növekvő ellennyomás hatására egyre nagyobb mértékű visszaáramlás jelentkezik, először a kompresszor állórészének fala mentén az állórész és a forgó lapátsor kilépője közötti résnél, majd a leválások mértékének növekedésével ez a visszaáramló közeg egyre nagyobb mértékben a lapátok fala mentén átterjed a lapátcsatornába is, ahol annak hatásos keresztmetszetét jelentősen csökkenti. Ebben az esetben az áramló közeg tervezetten felüli mértékű keveredése ugyanúgy a belső sűrűdés és az ebből fakadó hőmérséklet növekedését okozza. Így a pompázjelenség beállításához közeledve a hőmérséklet drasztikus növekedése figyelhető meg. A 9. ábrán a kompresszor kilépő turbina előtti és utáni torlóponthoz, valamint a környezeti statikus hőmérsékletet is.

9. ÁBRA. A tesztberendezésen elhelyezett hőelemek adatai (A szerzők szerkesztése mérési eredményeik alapján)



motor turbófeltöltőjének forgórészén található, amelynek turbina részét egy másik, manuálisan szabályozható frekvenciaváltóval (VFC – Variable Frequency Converter) vezérelt háromfázisú indukciós motor által hajtott meg. A munkakompresszor fojtásának fokozatos növelésével párhuzamosan, folyamatosan csökkent a rajta átáramló közeget mennyiség, mely egyenesen arányos az általa felvett teljesítménnyel. Mivel az azt meghajtó, tengelyen hozzákapcsolt centripetális turbinán átáramló levegő mennyisége nem változott, így a munkakompresszor csökkenő teljesítményigényét a turbina csak a rajta megvalósuló hőesés csökkenésével egyenlítette ki. Jól megfigyelhető a 9. ábrán, hogy a turbina meghajtó kompresszortól a levegő egyenletes hőmérsékleten érkezett, így a turbina kilépő hőmérséklet növekedett az általa leadott teljesítmény csökkenésének megfelelően.

ÖSSZEFOGLALÁS

A határreteg elszívása vagy elvezetése, valamint a turbulens határreteg lefűvése már több évtizede alkalmazott, kipróbált technológiának számít a repülésben és más, áramlástechnikai gépeket alkalmazó iparágban. A határreteg turbulenssége tétele az abban megvalósított impulzuscssere által azonban összetettebb folyamat, amely az új áramlástan szimulációs eszközök segítségével jól megfigyelhetővé, valamint számíthatóvá vált. Ezek segítségével nyílt meg a lehetőség egy új pompázsvédelmi rendszer vizsgálatára, amely a centrifugális kompresszor diffúzorától elvezetett nagynyomású levegőnek a járókerék-csatornába történő visszavezetésével képes volt a kompresszor utáni nyomás megemelésére. A szimuláció esetében alkalmazott geometria a BME Repüléstudományi és Hajózási Tanszék laboratóriumában rendelkezésre álló turbótöltő alapján készült, így a módszert valós körülmények között is kipróbálták. A tesztek a CFX szimulációval azonos eredményt szolgáltattak, ezzel igazolódott, hogy a módszer centrifugális kompresszorokban is alkalmazható pompázsvédelmi rendszer részeként, ahol a kompresszor után mért hőmér-

séklet-változás a pompázás előjeleként a rendszer irányításának alapjául is szolgálhat.

HIVATKOZÁSOK

- [1] Paduano, James D. et al. Modeling For Control of Rotating Stall. *Automatica*, 30. (1994), 9. pp. 1357–1373. [https://doi.org/10.1016/0005-1098\(94\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0005-1098(94)90001-9);
- [2] Banerjee, D. et al. Investigation of Flow Field at the Inlet of a Turbocharger Compressor Using Digital Particle Image Velocimetry. *Journal of Turbomachinery*, 141. (2019), p. 12. <https://doi.org/10.1115/1.4044608>;
- [3] Xue, X., Wang, T. Experimental Study on Inducement and Development of Flow Instabilities in a Centrifugal Compressor with Different Diffuser Types. *Journal of Thermal Science*, 29. (2020), pp. 434–444. <https://doi.org/10.1007/s11630-020-1223-4>;
- [4] Shahin, I., Alqaradawi, M., Gadala, M., Badr, O. Large eddy simulation of surge inception and active surge control in a high speed centrifugal compressor with a vaned diffuser, *Applied Mathematical Modelling* 40 (2016), 10404–10418. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2016.07.030>;
- [5] Tamaki, H., Zheng, X., Zhang, Y. Experimental Investigation of High Pressure Ratio Centrifugal Compressor With Axisymmetric and Nonaxisymmetric Recirculation Device, *ASME Journal of Turbomachinery*, Volume 135, Issue 3, May 2013. <https://doi.org/10.1115/1.4007579>;
- [6] Lajos Tamás. *Az áramlástan alapjai*. Előadási jegyzet. Budapest, 1992; <https://eaglepubs.erau.edu/introductiontoaerospaceflightvehicles/chapter/maximum-lift-stalling-spinning/> (Letöltve: 2024.3.20.);
- [8] Shahrokhi, S. S., Taeibi Rahni, M., Akbari, P. Aerodynamics design of a double slotted morphed flap airfoil – a numerical study, *Frontiers in Mechanical Engineering*. <https://doi.org/10.3389/fmech.2024.1371479>;
- [9] Beneda, K. Numerical simulation of MEMS-based blade load distribution control in centrifugal compressor surge suppression, *AIP Conference Proceedings*, Volume 1493, Issue 1, (2012), pp. 116–123., 6 November 2012. <https://doi.org/10.1063/1.4765479>;
- [10] Faltin, Zs., Beneda, K. „Combined Numerical and Experimental Investigation of a Centrifugal Compressor with Surge Suppression Holes at the Impeller Hub.” *Acta Polytechnica Hungarica* 21.8 (2024): 29–46.



DARUKA NORBERT*

A CB 90 ŐRNASZÁD

II. RÉSZ

A szerző tanulmánya első részében ismertette a svéd Docksta hajógyár alumínium héjazatú Combat Boat 90 Őrnaszád fejlesztését, valamint a vízi jármű különböző feladatkörű változatait. A könnyű hajótestű változat története 1988-ra nyúlik vissza, és egy pályázat nyerteseként alapozta meg mai hírnevét. Az olvasók a CB 90 harcászati-technikai adatain túl részletes információt kaptak a Scania DSI14 típusú motorról és a Kongsberg Kamewa FF sorozatú vízsugárhajtóműről. A publikáció második része a legújabb fejlesztésű Next Generation elnevezésű hajótípust mutatja be, illetve beszámol az eszköz nemzetközi rendszeresítéséről is.

A cikkünk első részében felsorolt típusok mellett készültek olyan változatok is, amelyek nem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket. Az ezredforduló idején készült el az a változat, amelynek deszantterére egy gíroszkóppal stabilizált, svéd–finn fegyvertornyot építettek, benne egy ikercsövű

120 mm-es AMOS (Advanced MOrtar System) automata aknavetővel.⁶

A hajótest túl kicsinek bizonyult a rendszerhez, a stabilitás és a ballisztikai védelem rovására kellett volna kompromisszumot kötni annak beszereléséhez. A munkálatok 2006-ban kezdődtek, és a tervek már majdnem készen voltak, amikor a svéd kormány költségvetési változtatásai miatt 2008-ban törölték a projektet. 2017-ben, a Nemzetközi tengeri védelmi ipari kiállításon (International Maritime Defense Industry Exhibition – MADEX) azonban bemutatták a CB 90H „MK II”-t, amelynek egyik modelljére az AMOS rendszert szerelték fel, amely arra utal, hogy ismét megjelenhet egy AMOS-szal ellátott CB 90. [13]

A CB 90 – mivel igény mutatkozott rá – 2009-ben civil változatban is elkészült, amit 2 darab 550 kW teljesítményű dízelmotorral szereltek fel a maximális 45 csomó sebesség (83,34 km/h) elérése érdekében. A kivitelről csak annyit lehet tudni, hogy egyedi kialakítású, luxuskivitelű, fá-

ból készült belső térrel rendelkezik, a vásárló igényeihez mérten látták el belső berendezésekkel, illetve az első darabokat egy abu-dzabi illetőségű magánszemély rendelte. Az említett hajók jelenleg nem lelhetők fel egyetlen bejegyzett hajóajstromban sem, ami arra enged következtetni, hogy magángyűjteménybe kerültek.

A SAAB cég információi szerint 2019-ben szállították le az első darabot abból a 18-ból, amelyet a svéd védelmi minisztérium (Försvarets materielverk – FMV) rendelt meg 2017-ben.⁷ A CB 90 HSM nagyobb sebességgel és manőverezőképesseggel rendelkezik elődjénél (Strb 90 HS), valamint támadóereje és felderítési képességei is növekedtek. Az új típus a megnövekedett méret – és abból adódóan a megnövekedett tömeg – miatt teljesen új motorokat (Scania Diesel V8 900 LE) és meghajtást kapott. A konstruktőrök szerint „a teljesen új hajtáslánc, beleértve a motor módosított elhelyezését, optimalizálja a súlypontot, ami a hajót még stabilabbá,

9. ÁBRA. CB 90 NG „Next Generation” a Temzén (Forrás: a Saab AB engedélyével – Copyright Saab AB)

⁶ Az 1990-es évek végén megkezdődött egy közvetlen irányítású, kétcsővű automata aknavető rendszer kialakítása, Advanced Mortar System néven. A „SplitterSkyddad Granatkastare 120” – SSG120 fegyvert számos járműre telepítették (Patria AMV, CV90). Svédország a Strb 90 H hajóra is tervezte a rendszer telepítését.

⁷ A megrendelés összértéke 400 millió svéd korona volt, vagyis mai árfolyamon hajónként mintegy 756 millió forint. Az ár tartalmazza a logisztikai és műszaki támogatást, illetve a pótalkatrészeket, továbbá a hajózó állomány és a műszaki személyzet képzését is, azonban nincs benne a WS 02 Trackfire fegyverállvány, amelynek becsült ára darabonként 250 millió forint.

* Kiemelt főtiszt, habil. PhD katonai műszaki tudományok, MH Haderőmodernizációs és Transzformációs Parancsnokság, Hadviselésfejlesztési Igazgatóság, Tudományos Kutatóhely. ORCID: 0000-0002-7102-1787



10. ÁBRA. Stridsbåt 90 SSRS mentőhajó a) és annak belső kialakítása b) [28]

gyorsabbá és sokkal csendesebbé teszi. A magasabb hatásfokkal működő új fűvókákkal kombinálva a teljes hatékonyság jelentősen megnövekedett – csakúgy, mint az ergonómia és a légénység kényelme". [14] (3. táblázat)

A fejlesztések nyomán egy teljesen új műveleti képességekkel rendelkező hajó készült, amely tüzerőben, a cselekvőképesség tekintetében és ezáltal a taktikai tudatosságban is felülmúlja elődeit, illetve a piacon elérhető, ha-

11. ÁBRA. A Scania Debutis 900 V8-as dízelmotorja [15]



3. TÁBLÁZAT.

A CB 90 HSM harcászati-technikai adatai (A szerző szerkesztése [14] alapján)

Működési jellemzők	Értékek
A hajó hosszúsága a vízvonalon [m]	14,9
A hajó teljes hosszúsága [m]	16,3
Szélessége [m]	3,85
Merülés [m]	0,9
Víziszorítás [kg]	18 000
Víziszorítás teljes feltöltéssel [kg]	24 500
Sebesség (max.) [km/h]	83,3 (45 csomó)
Cirkáló sebesség [km/h]	70 (38 csomó)
Meghajtás	2 × 671 kW (900 LE) Scania V8 dízelmotor; 2 × Kongsberg S32-3/CA 750 kW vízszugárhajtómű
Hatótávolság [km]	550 (300 nmi)

sonló kategóriájú eszközöket. Az őrnaszád, amint az az elnevezéséből is kiderül, páncélozott. Egy távirányított, stabilizált, éjszakai látóképeséssel rendelkező SAAB Trackfire/WS 02 fegyverállvánnyal szerelték fel, amelybe a Browning M2HB/Kps 88 nehéz géppuska vagy M19/Grsp 92 automata gránátvető is beépíthető.

A 2021-ben, a londoni Védelmi és Biztonsági Szakkiállításán (Defence and Security Equipment International – DSEI) a SAAB cég bemutatta a CB 90 NG „Next Generation” hajótípust (9. ábra), amely nagy valószínűséggel a CB 90 HI és a Strb 90 HS/CB 90 HSM-en alapuló exportváltozat. „A tengerészgyalogosok és más erők gyors szállítására tervezett CB 90 NG híres arról, hogy a csapatok gyorsan partra szállhatnak, és gyorsan el is indulhatnak, legyen szó akár tengerpartról, akár kényelmetlen, magasan fekvő sziklás partról.

A küldetéstől függően a CB 90 NG különböző funkciókat tud ellátni, például a fenyegetések felkutatásában, hírszerzési információk megosztásában, csapatok gyors telepítésében és az ellenség megtámadásában.” [16] Az őrnaszád új harcvezetési rendszert és szenzorokat kapott, amely biztosítja a felderítéshez nélkülözhetetlen „lopakodó” képesség mellett a ballisztikai védelmet is, mindezt úgy, hogy megnövelték az alapváltozat (CB 90 H) manőverezőképességét és a sebességét is. A londoni kiállításon elhangzottak szerint a CB 90 NG azért érkezett a kiállításra, hogy demonstrálja, a cég milyen módon tudja kialakítani a „hajóegységet” az ügyfelek igényeinek megfelelően. A DSEI lehetőséget kínál a fegyveres

erőknek, hogy személyesen lássák, és többet tudjanak meg annak alkalmazhatóságáról.

A kiállításon bemutatott változat már nemcsak deszant rohamhajó, hanem járőrhajó, ami felderítő tevékenységet is elláthat. A kivételesen gyors és mozgékony őrnaszád végsebessége eléri a 80 km/h-t, és szükség esetén 21 teljes felszereléssel ellátott katonát szállíthat.

A bemutatott típus esetében a fő hangsúly természetesen a fegyverrendszerre került, mivel a CB 90 NG felfegyverezhető nagy kaliberű géppuskákkal, MK19-es gránátvetővel, tengeri aknákkal és mélységi töltetekkel, valamint a Saab saját Trackfire távirányítású fegyvertornyával (egy távoli fegyverállomással, amely lehetővé teszi a fegyverek rendkívüli pontosságú tüzelését, miközben a hajó mozgásban van). [16]

NEMZETKÖZI RENDSZERESÍTÉSEK

Svédország – 147 db különböző típusú CB 90 szolgálatban, 18 db megrendelve (gyártás alatt).

A svéd gyártású Strb 90, vagy CB 90 őrnaszádok mennyiségét 250–300 darabra becsülik, amelyből 147 db jelenleg is a svéd haditengerészet kötelékében teljesíti feladatait. A gyártó cég adatai szerint további 18 egységre kapott megrendelést (2021-es adat), de azok gyártásának jelenlegi helyzetéről nem érhető el információ. Az eddig legyártott hajótípusok a következők:

- prototípusok 801–802 (1988–89) (2 db Strb 90 H),
- sorozat: 803–814 (1991–92) (12 db Strb 90 H),
- sorozat: 815–877 (1992–95) (63 db Strb 90 H),



- 2B sorozat: 878–907 (1996–97) (30 db Strb 90 HS),
- 2C sorozat: 949–967 (1998–2003) (27 db Strb 90 HS; 13 db Strb 90 HSM).

A 2., 2B és 2C tételben minden páros számú hajót az együttműködő partner Gotlands Varv AB épített. Ezek közül 6 db űrnaszádot parancsnoki hajóként, 5 db-ot pedig rendőrségi hajóként szereltek fel és állítottak szolgálatba. A 2C sorozatból 27 db-ot nemzetközi műveletekre szereltek fel, és a CB 90 HS jelölést kapták. A fennmaradó 13 db űrnaszádról mindössze annyi információ tudható, hogy 1 db-ot VIP-naszádként, 1 db-ot pedig rendőrségi űrnaszádként szereltek fel (Strb 90 HSM) és állítottak szolgálatba. [23]

Norvégia – 19 db CB 90 N és 1 db CB 90 NL (Norsk utgave) rendszeresített űrnaszád.

Először 1996-ban tesztelte a Norvég Királyi Haditengerészet az Strb 90 H-t, majd a norvég igényeknek megfelelő változtatásokkal összesen 20 darab vásárlásáról kötött szerződést. Ezek

kialakítása nem egységes, hiszen az 1996 novemberében leszállított CB 90 NL egészségügyi mentő kivételű volt. A legfontosabb változtatások – a svéd–norvég kivitelek – között említhetjük, hogy a deszantter magasságát 2 méteres magasságig emelték, ezzel is javítva az egyszerűbb belső közlekedést és a komfortérzetet. Alapfelszereltségnek számított például az 5 kW-os 230/400 V AC-generátor, amely képes álló helyzetben is elektromos energiával ellátni a hajót. A svéd típustól eltérően ezt a változatot horgonycsörlővel szerelték fel, amely a deszant kirakásánál vagy felvételénél nyújtott segítséget, így elkerülték a manővereknél gyakori vízszugárhajtómű-sérüléseket. [17]

A CB 90 N fegyverzetét a hajó közepén elhelyezett Sea Protector távirányítású fegyverállvány, és a hajó két oldalán egy-egy Browning M2HB nehéz géppuska alkotja. 2004-ben a Sea Protector rendszerre Hellfire indítót szereltek, amellyel éles és sikeres-

nek ítélt lögyakorlatot is végeztek, de a hajók fegyverzetének módosítására eddig nem került sor.

Görögország – 3 db CB 90 HCG (Hellenic Coast Guard – görög parti őrség) rendszeresített űrnaszád.

1998-ban a görög parti őrség 3 db űrnaszád megvásárlásáról döntött, amit a svéd gyártó a következő évben le is szállított, és a Jón-sziget-csoport különleges erői rendszeresítették. A $\Lambda\Sigma$ -134; $\Lambda\Sigma$ -135 és $\Lambda\Sigma$ -136 lajstromszámú hajókat dupla csövű, távirányított 0,50 kaliberes nehéz géppuskával és IV. szintű páncélvédelemmel látták el.

Malajzia – 5 db CB 90 H, 12 db CB 90 HEX és 1 db CB 90 H/VIP.

A maláj kormány közreműködésének köszönhetően, 1996-ban a Malajziai Királyi Haditengerészet 1 db CB 90H űrnaszádot kapott, elsősorban tesztelés céljából. Mivel a típus minden tekintetben megfelelt az elvárásainak, 1999-ben még 4 db szabványos kialakítású egység érkezett az országba.

12. ÁBRA. A legújabb CB 90 HSM modell sebesség, manőverezhetőség, támadóerő és a védelmi képességek szempontjából is korszerűbb elődeinél a). A páncélozott űrnaszádra a SAAB Trackfire/WS 02 fegyverállványt integrálták b) (Forrás: a Saab AB engedélyével – Copyright Saab AB)



13. ÁBRA. Egy svéd CB 90 osztályú rohamhajó a NATO Steadfast Defender 24 gyakorlaton (Forrás: www.dvidshub.net / U.S. Navy, Fotó: Danielle Serocki)



14. ÁBRA. A Malajziai Királyi Haditengerészet Furuno Marine radarral felszerelt CB 90-es hajója (Forrás: Shutterstock)

A következő két évben összesen 12 db CB 90 HEX típust kapott a Malajziai Királyi Haditengerészet. Valószínűsíthető, hogy az eszközök eltérő tengerészeti egységekhez kerültek, mivel a hajókkal kapcsolatos követelmények között szerepeltek a CAT 3406E motorok, az Onan generátor 230 V AC feszültséghez, illetve a légkondicionálás is. A CB 90 HEX kommunikációs rendszerét a Phonetech biztosította, a navigációs rendszere Furuno NavNet technológián alapult, amelyet SC-120 GPS rendszerrel is kiegészítettek. [18]

2002-ben szállították le az utolsó megrendelt eszközt, amiről csak annyit lehet tudni, hogy a katonai felsővezetésnek készült, és CB 90 H/VIP típusként azonosítják. A kialakítással kapcsolatos adatok nem nyilvánosak, és a gyártó cég sem publikál további információkat.

Mexikó – 48 db CB 90 HEX a mexikói haditengerészet számára (CB 90 HMN).

A Karib-tengeren folyó illegális kábítószer-kereskedelem elleni totális háború megvívása érdekében a mexikói kormány 1999-ben megrendelést adott 12 db csúcstechnológiás, gyors járőr-hajó kialakítására. A szállítást követően ezek az egységek a CB 90 HMN típusjellet kapták, valójában azonban teljesen megegyeztek a CB 90 HEX típusal. 2001. márciusig még 28 egységet rendszeresítettek a mexikói haditengerészet egységeinél. Minden hajót 2 db CAT 3406 E főmotorral szereltek fel, amelyek sprintsebessége jóval meghaladja a 80 km/h-t. A mexikói őrnaszádokat HoseMcCann kommunikációs, Transas navigációs rendszerrel, Marineair légkondicionáló berendezés-

sel, valamint az üzemeltetésükhöz szükséges – 115 V AC, 60 Hz – Onan generátorokkal látták el.

A mexikói kormány a gyártási licencjogot is megszerezte, és további 8 db CB 90 HMN típusú hajót épített – amelyeket leginkább a drogcsempészek elleni harcban történő hatékony bevetések érdekében –, már a 2×596 kW-os (800 LE-s) motorral szereltek fel. [19]

Amerikai Egyesült Államok – 6 db CB 90 H (RCB – Riverine Command Boat) folyami parancsnoki hajó.

2007–2010 között az amerikai haditengerészet (US Navy) 6 db CB 90 H-t vásárolt, amelyeket RCB típusjelzéssel rendszeresítettek. Az amerikai hajók licencben épültek a SAFE Boats International washingtoni üzemében. Az őrnaszádok leginkább a Perzsa-öbölben szolgálnak, az ott állomásozó Navy Expeditionary Combat Command égisze alatt. Ezeket a hajókat az amerikai igényeknek megfelelően hazai fegyverzettel látták el. Valószínűsíthetően a felszerelések mennyisége miatt a szállítható deszantkatonák számát 15-re csökkentették, ugyanakkor a hajót több kisebb űrméretű fedélzeti fegyverrel is felszerelték. [20]

Egyesült Királyság és Hollandia – 2 db CB 90 H (kisebb módosításokkal, kizárólag tesztelésre).

Mint sok ország, az Egyesült Királyság is tesztelte a svéd őrnaszádokat annak érdekében, hogy hogyan tudnák alkalmazni a Királyi Haditengerészet kötelékében. 2010-ben két hajót úgy módosítottak, hogy azok üzemelni tudjanak a Royal Navy, illetve a Holland Királyi Haditengerészet partraszálló hajóiról. A hathónapos kísérlet során a két őrnaszádot és egy teljes

svéd hajóosztagot a Holland Királyi Haditengerészet partraszálló hajóján (Large Landing Ship – LPD) vetettek be, a fedélzeten tartózkodó különleges erők teljesen integrált elemeként. A kísérletet követően az eszközök visszakerültek az eredeti szolgálati helyükre. „A holland és a brit tengerészgyalogosok már több mint 50 éve együttműködnek az Egyesült Királyság/NL kételtű egyesített haderő kötelékében. Bár a két ország nem vásárol azonos hajókat, de ugyanazokat az alrendszereket tesztelik.” [22]

Peru – 2 db CB 90 HSM (az illegális halászat megelőzésére).

2017-ben kötött megállapodást a SIMA Peru, a perui haditengerészet megbízásából a svéd hajógyártó céggel (N. Sundin Dockstavarvet gyárral) – a tengeri területen folytatott tiltott tevékenységek elleni képességek megerősítése érdekében – 2 db őrnaszád vásárlásáról. Ez az üzlet beletartozik abba a megállapodásba, amely alapján létrehozzák a svéd SAAB csoport leányvállalatát egy 24 hajóegységből álló flotta kialakításának érdekében, amibe ez a két hajó is beletartozik majd. [25]

Ukrajna – 10 db CB 90 H (az igényeknek megfelelően kialakítva).

Pål Jonson svéd védelmi miniszter 2024. február 19-én jelentette be, hogy nagy értékű katonai segélycsomagot ajándékoz Ukrajnának, amely többek között 10 darab Stridsbåt 90 őrnaszádot is tartalmaz. A védelmi miniszter szerint az új támogatási csomagot kifejezetten Ukrajna igényeinek megfelelően alakítják ki. [24] A célkitűzések között szerepel, hogy a hajóknak minőségileg meg kell erősíteniük az ukrán tengerészgyalogság képességeit



15. ÁBRA.
A mexikói parti őrség
CB 90 típusú hajója
(Forrás: Shutterstock)



16. ÁBRA.
A finn Marine Alutech
Watercat M18 AMC [27]

a folyami átkelő műveletekben, valamint új lehetőségeket kell biztosítani a haditengerészet és a különleges műveleti erők számára a fekete-tengeri műveletekben. A segélycsomag részleteiről egyelőre bővebb információ nem érhető el, így a hajók katonai műveletekbe történő bekapcsolódása, és a valós harcértéke ezen a hadszíntéren csak a jövőben fog kiderülni.

Németország – tervezetten 15 db.

2023-ban a Bundeswehr többcélú – kikötővédelmi és járőrhajókat – kívánt beszerezni a tengeri zászlóalj számára. A szolgáltatóval összesen legfeljebb 15 db hajóra terveznek keletkezést kötni, amelyeket „már bevezettek egy másik haditengerészetben – ideális esetben a NATO va-

lamely tagállamának vagy partnerországának haditengerészetében”. [26] Egyes szakértők szerint a svéd Saab CB 90 HSM és a finn Marine Alutech Watercat M18 AMC rendszere között fognak választani.

2007-ben Heiligendammban, a világ legfejlettebb ipari országainak 33. G8-csúcstalálkozója idejére a német vízirendőrség már bérelt egy CB 90 H űrszázdot, amivel a tiltott területre bejutni próbáló Greenpeace csónakjait tartották távol.

ÖSSZEZÉS

A CB 90 típusú űrszázdot alkalmazási lehetőségei sokoldalúak, amit mi sem bizonyít jobban, mint az azt rendszerítő országok száma. A hajó működ-

het roham- és partvédelmi űrszázdotként, járőrhajóként vagy különleges műveleteket támogató hajóként. Felderítésre, megfigyelésre és hírszerzési műveletekre is használható. A hajó polgári felhasználási lehetőségei is sokoldalúak, hiszen mentésre, rendvédelmi feladatokra, valamint katasztrófavédelmi feladatok ellátására is alkalmas. Az űrszázdot tömegesen lehetősé teszi közúton történő szállítását is, ami alkalmassá teszi tavak, zárt csatornák, holtágak elérését és a műveletvégrehajtást az ilyen területeken. Személyes véleményem szerint a hajótípus, és annak képességei rendkívül jól illeszkednének a Magyar Honvédség, és egyéb rendvédelmi szervek feladatrendszerébe. ■

HIVATKOZÁSOK

- [13] War Thunder: Stridsbåt 90 H Assault Craft with SSG120 (AMOS) Mortar – Modern Monitor. <https://old-forum.warthunder.com/index.php?topic/565742-stridsbt-90-h-assault-craft-with-ssg120-amos-mortar-modern-monitor/> (Letöltve: 2024.4.16.);
- [14] SAAB: A new era calls for new abilities – meet the new Combat Boat from Saab. 2019.10.24. <https://www.saab.com/newsroom/stories/2019/october/meet-the-new-combat-boat-from-saab> (Letöltve: 2024.4.15.);
- [15] Minichino, Robin. Scania Debuts 900 HP Engines for Sportfishing Boats. 2021.09.08. <https://www.onthewater.com/scania-debuts-900-hp-engines-for-sportfishing-boats> (Letöltve: 2024.4.15.);
- [16] DSEI 2021: Saab's Next Generation Combat Boat On The Thames, Naval News, 2021.09.13. <https://www.navalnews.com/event-news/dsei-2021/2021/09/dsei-2021-saabs-next-generation-combat-boat-on-the-thames/> (Letöltve: 2024.4.15.);
- [17] N. Sundin Dockstavarvet AB: References in Norway. <https://www.dockstavarvet.se/references/norway/> (Letöltve: 2024.4.15.);
- [18] N. Sundin Dockstavarvet AB: References in Malaysia. <https://www.dockstavarvet.se/references/malaysia/> (Letöltve: 2024.4.15.);
- [19] N. Sundin Dockstavarvet AB: References in Mexico. <https://www.dockstavarvet.se/references/mexico/> (Letöltve: 2024.4.15.);
- [20] N. Sundin Dockstavarvet AB: References in USA. <https://www.dockstavarvet.se/references/usa/> (Letöltve: 2024.4.15.);
- [22] Naval News, Dutch Navy to replace OPV and LPD with a Single Class of Ships. <https://www.navalnews.com/naval-news/2024/03/dutch-navy-to-replace-opv-and-lpd-with-a-single-class-of-ships/> (Letöltve: 2024.4.15.);
- [23] N. Sundin Dockstavarvet AB: References in Sweden. <https://www.dockstavarvet.se/references/sweden/> (Letöltve: 2024.4.15.);
- [24] Norbergh, Erik. Sverige skickar stridsbåtar till Ukraina. 2024.02.20. <https://www.svt.se/nyheter/inrikes/sverige-skickar-stridsbatar-till-ukraina> (Letöltve: 2024.4.15.);
- [25] Watson, Peter. Perú adquiere dos lanchas de interdicción marítima CB90 HSM. 2020.06.17. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3126801/peru-adquiere-lanchas-interdiccion-maritima-cb90-hsm> (Letöltve: 2024.4.15.);
- [26] Geiger, Waldemar. Sea Battalion – Procurement of 15 combat boats initiated. 2023.06.16. <https://esut.de/en/2023/06/meldungen/42688/seebataillon-beschaffung-von-15-kampfbooten-ingeleit/> (Letöltve: 2024.4.15.);
- [27] NATO members shows significant interest in Marine Alutech's Watercat M18 AMC 'JEHU' class. 2023.09.11. <https://euro-sd.com/2023/09/news/33880/nato-members-shows-significant-interest-in-marine-alutechs-watercat-m18-amc-jehu-class/> (Letöltve: 2024.4.15.);
- [28] Kép forrása: <https://www.dockstavarvet.se/products/combat-and-patrol-boats/combat-boat-90-h/> (Letöltve: 2024.4.15.).



KELECSÉNYI ISTVÁN* – VARGA ATTILA**

AIR DEFENDER 23 – A NATO LEGNAGYOBB LÉGIERŐ HADERŐNEMI GYAKORLATA

II. RÉSZ

7. ÁBRA. A német légielő díszfestett A400M típusú szállító repülőgépe az Air Defender 23 légielő haderőnemi gyakorlaton (Forrás: honvedelem.hu)

Németország adott otthont 2023 nyarán a NATO történetének eddigi legnagyobb légielő haderőnemi gyakorlatának Európában, amelyen 25 nemzet mintegy tízezer katonája 250 repülőgéppel gyakorolta a légi műveleteket a kontinens légterében.

A cikk első részében a szerzők felhívták a figyelmet a Magyarország sajátos geostratégiai helyzetéből és méretéből adódó biztonsági kockázatokra, és a hazai légielő megújítására, amellyel képessé válik az információs és döntési fölény birtokában egy időben, több helyszínen történő azonnali, gyors és hatékony beavatkozásra. A cikk ismertette továbbá a szövetséges repülőerők Air Defender 23 gyakorlatának célját és forgatókönyvét. A folytatásban érdeklődő olvasóink megismerhetik az egyes résztvevő országok légierejének eszközeit és az azok által végrehajtott speciális műveleteket.

ÖSSZETETT LÉGI MŰVELETEK NEMZETKÖZI ÖSSZEFOGÁSBAN

A nemzetközi gyakorlaton bemutatták a légielő mint első válaszadó haderőnem egységeinek mozgékonyágát és gyorsaságát, demonstrálva ezzel a NATO reagáló képességét. A gyakorlat során a német légielő biztosította a légi műveletek vezetését és irányítását. A gyakorlatot időben és térben összekapcsolták a német vezetésű Többnemzeti Légi Csoport gyakorlattal (Multinational Air Group Exercise – MAGDAYS 23) és két másik NATO-gyakorlattal is (Ramstein Dust 23 és Ramstein Guard 23). [10] A résztvevők főként a Németország feletti légterekben gyakorolták az összetett légi műveleteket (Composite Air Operations – COMAO)⁷, és úgynevezett „out-and-back” küldetéseket hajtottak végre a balti államokba és Romániába. (8. ábra) A forgatókönyv a légielő hagyományos harcászati feladatai

mellett „repülőtérről történő evakuálási” feladatot is tartalmazott. [11] Ezt a gyakorlatot nyilvánvalóan a kabuli repülőtéren 2021-ben kialakult káosz⁸ nyomán vették fel a menetrendbe, amikor az Amerikai Egyesült Államok és szövetségesei sietve fejezték be afganisztáni küldetésüket. [12] A gyakorlaton a szövetség legmodernebb Lockheed Martin F-35 Lightning II típusú, többfeladatú, alacsony észlelhetőségű harcászati repülőgépei is repültek az amerikai és a holland légielő színeiben. [13] A gyakorlat során a repülőgépek a felszíni célok (ellenséges hajók, tengeralattjárók) elleni támadó műveleteket (Air power contribution to counter-maritime operations – a légielő támogatása a haditengerészet elleni műveletekben – APCMO) gyakorolták az Északi-tengeren, mivel az ellenség „a kontinensen kívüli területekről is támadhat”. [14] A harcászati repülőkönyv túl a Hohn feletti légterben

* Szakújságíró, a Magyar Hadtudományi Társaság Légielő Szakosztály tagja. ORCID: 0000-0001-5563-3313

** A Magyar Hadtudományi Társaság Légielő Szakosztály tagja. ORCID: 0000-0002-3703-5384

⁷ Olyan katonai repülési tevékenységeket jelent, amelyekben többféle légi erőforrás együttműködik egyetlen összetett feladat végrehajtása érdekében. Ezek a műveletek lehetnek támadó, támogató vagy védelmi jellegűek, amelyek a különböző típusú repülőgépek és más légi eszközök közötti hatékony együttműködést célozzák meg. A COMAO célja a légi hadviselés különböző eszközeinek (például vadászgépek, támadó helikopterek, elektronikai hadviselési repülőgépek stb.) hatékony integrálása és együttműködése. A résztvevőknek a taktikai vezetői képességeket kell fejleszteniük annak érdekében, hogy a rendelkezésre álló rendszerek képességeit és korlátait figyelembe véve, illetve a kitűzött cél elérését szem előtt tartva tervezhessék meg és hajthassák végre a taktikai manővereket. A COMAO összetétele minden esetben a feladattól és a fenyegetettségtől függ.

⁸ A terrortámadás a kabuli nemzetközi repülőtéren 2021. augusztus 26-án történt. A tálib vezetésűvé vált Afganisztánból amerikai vezetéssel megkezdődött az evakuáció. A kabuli nemzetközi repülőtér Abbey kapujának közelében egy öngyilkos merénylő által elkövetett robbantás legalább 170 áldozatot követelt, akik közül 13-an az amerikai hadsereg tagjai voltak.

például nagyobb magasságban repülő Rockwell B-1 Lancer típusú stratégiai bombázó repülőgép is gyakorlatozott. A nemzetközi erők elsősorban a gyakorlatnak otthont adó fő légbázisok közül az egymás közelében található Hohn és Schleswig-Jagel bázisokra települtek. Hohn, amely korábban a Transall C-160G repülőgépek hazai bázisa volt, mára szinte amerikai támaszponttá vált.

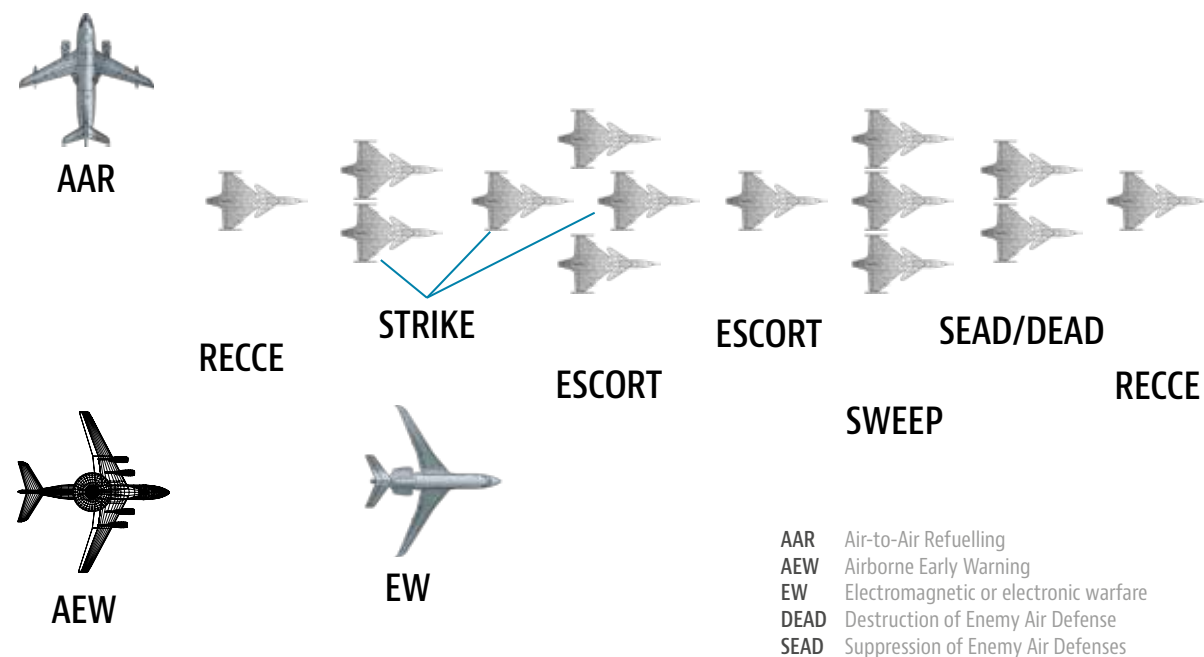
**KÜLFÖLDI HARCÍ GÉPEK
A NÉMET LÉGI BÁZISOKON**

A tengerentúlról a Los Angeles-i 159. vadászrepülő ezred 122. századának és a massachusetts-i 104. vadászrepülő-ezred 131. századának 16 darab McDonnell Douglas F-15C Eagle (10. ábra) repülőgépe települt át. Ugyancsak az Egyesült Államokból a haditengerészeti légierő 6 darab Boeing F/A-18E/F Super Hornet repülőgépe is Hohn bázisra települt. A VFA⁹-31, 37, 87, 213 AJ egy két repülőgépéből álló komponensét kiegészítette a „The Grey Wolves”, az Egyesült Államok haditengerészetének VAQ-142 századának két EA-18G elektronikaiharc repülőgépe. Az elektronikai harcászati egységet erősítette a Cobham kontraktor cég Dassault Falcon 20EW, valamint a német légiforgalmi irányításért felelős szervezet

(Gewerkschaft der Flugzicherung – GdF) négy Learjet 35/36 zavaró repülőgépe. A gyakorlat idejére ugyancsak a hohni bázisra települt a finn légierő 31. századának négy F/A-18C repülőgépe. E bázisra folyamatosan repültek különféle utánpótlással az amerikai légierő, valamint a nemzeti gárdák Lockheed C-130 Hercules szállító repülőgépei is. [15] A török légierő 151. századának F-16C repülőgépei szintén a hohni bázisra települtek, akárcsak hazánk öt darab Saab JAS 39 Gripen repülőgépe.

Schleswig-Jagel szintén több nemzet gépeinek adott otthont. A Bundeswehr nyolc Panavia PA-200 Tornado típusú csapásmérő repülőgépét az amerikai nemzeti gárda michigani 127. vadászrepülő ezredének és a marylandi 104. vadászrepülő ezredének hathat Fairchild Republic A-10C Thunderbolt II csatarepülőgépével erősítették meg. A csapásmérő erőket többfeladattú F-16C vadászbombázók támogatták, amelyek közül hét-hét darab a marylandi 175. vadászrepülő századtól, illetve a coloradói 120. vadászrepülő századtól érkezett. Lechfeld a német Tornado repülőgépeken túl az idahoi Légi Nemzeti Gárda tíz A-10C csatarepülőgépét és a görög légierő 347. századának F-16C repülőgépeit fogadta. [16] Az amerikai repülőgépek állandó

bázisa, Spangdahlem fogadta a vermonti 134. vadászrepülő ezred F-35A alacsony észlelhetőségű harcászati repülőgépeit. Neuburgban települtek a spanyol légi- és űrerő Eurofighter C.16 Typhoon típusjelzésű, míg a Mecklenburg-Elő-Pomeránia tartományában található Laageban az olasz légierő Eurofighter F-2000A Typhoon típusjelzésű repülőgépei. [15] A légi szállítás fő bázisa Wunstorf volt, amely a Luftwaffe 62. nehézszállítórepülő-századába (Lufttransportgeschwader – LTG 62) szervezett Airbus A-400M típusú repülőgépek támaszpontja. Wunstorf adott otthont az Amerikai Egyesült Államok különböző nemzeti gárdáitól érkezett 12 darab Lockheed C-130H Hercules, valamint a Lockheed Martin C-130J Super Hercules repülőgépeinek, de több Boeing C-17 Globemaster III is hosszabb-rövidebb időt a támaszponton töltött különböző szállítási feladatok végrehajtása céljából. [17] Az amerikai Boeing KC-46A Pegasus és Boeing KC-135R Stratotanker típusú légi utántöltő repülőgépek a németországi Ramstein és Geilenkirchen, illetve a skóciai Prestwick bázisokról hajtották végre feladatukat. A KC-46-os tankerek az Amerikai Egyesült Államok Légierejének 133. századától, míg a KC-135R tankerek különböző amerikai nemzeti gárdáktól érkeztek. [18]



- AAR Air-to-Air Refuelling
- AEW Airborne Early Warning
- EW Electromagnetic or electronic warfare
- DEAD Destruction of Enemy Air Defense
- SEAD Suppression of Enemy Air Defenses

8. ÁBRA. Composite Air Operations (COMAO) sematikus vázlata a minimálisan szükséges támogató (AEW, EW, AAR) elemekkel (A szerzők szerkesztése)

⁹ VFA (Strike Fighter Squadron): haditengerészeti merev szárnyú vadász- és könnyűbombázó-század; V – fixed wing (merev szárnyú), F – fighter (vadász), A – attack (támadó/bombázó).

9. ÁBRA. A michigani Légi Nemzeti Gárda 127. vadászpilóta ezred 107. Red Devils (Vörös Ördögök) vadászpilóta századából egy A-10C csatrepülőgép (Fotó: Kelecsényi István)

TÖBB MINT 30 BEVETÉS A MAGYAR GRIPENNEKEL

A magyar Gripenek összetett légi műveletek keretében vettek részt a hadgyakorlaton. Ezekben a kötelékekben, egyazon légtérben időnként akár száz repülőeszköz is együtt tevékenykedett. [19] Naponta négy magyar Gripen emelkedett a magasba, egy feladat átlagosan két óra időtartamú volt. A feladatok védelmi vagy támadó jellegét a gyakorlat forgatókönyve alapján mindig az aktuális napi légi feladatszábo parancs (Air Tasking Order – ATO¹⁰) határozta meg. [20] A magyar vadászpilóták a gyakorlat során – alapvetően levegő-levegő szerepkörben – több mint 30 bevétést teljesítettek, amely összességében meghaladta az 50 repült órát. Az Air Defender 23 égisze alatt a magyar légierő Gripenjei a Baltic Operations (BALTOPS)¹¹ keretében is gyakorolhatják az együttműködést a Balti-tengeren hajózó NATO-kötelékkel. A több mint kétórás repülés során a Puma század hajózáói – az amerikai haditengerészet F/A-18E/F Super Hornet és EA-18G Growler repülőgépeivel közösen – a flottakötelék légi oltalmazását, valamint támadását gyakorolták, miközben értékes tapasztalatokat szereztek a nemzetközi légtérben a nemzetközi vizek fölötti repülés sajátosságairól, valamint a nyílt tenger feletti taktikai feladatok végrehajtá-



sáról. [21] A gyakorlaton – a katonai együttműködésen túl – a partner- és a szövetséges országok katonái közötti összekovácsolást segítő programok is szerepet kaptak. Az Air Defender 23 gyakorlaton nemcsak a magyar légierő repülőgépvezető állománya és repülő-műszaki szakembere vett részt, hanem a Magyar Honvédség Anyagellátó Raktárbázis (MH ARB) 11 fős szakállománya is. A német és a magyar harci kiszolgáló támogató, szakanyag-gazdálkodó katonák, a Safety Fuel program részeként 2012 óta közösen vesznek részt nagyszabású gyakorlatok üzemanyag-ellátásában. 2022-ben Németországban, a kétnemzeti együttműködés során elérték a NATO-szabvány szerinti teljes műveleti képességet, majd 2023-ban, az Air Defender 23 gyakorlaton résztvevő amerikai, német és román teherszállító repülőgépek hajtóanyag-biztosítását látták el. A feladatot a német fél mellett amerikai logisztikai szolgálatot ellátó katonák bevonásával hajtották végre. A látvá-

nyos gyakorlat a wunstorfi reptéren is kiemelt figyelmet kapott. Kiemelt sajtó- és médiafigyelem közepette a Luftwaffe szemlélője, több német tábornok és az alsó bajorországi miniszter is meglátogatta a telepített 2400 köbméter tárolókapacitású német-magyar tábori hajtóanyagraktárt. [9]

ÖSSZEZÉS

Az Air Defender 23 légierő haderőnemi gyakorlat annak a 2013-ban indult német kezdeményezésnek a látványos eredményeként zajlott, amely a transzatlanti szolidaritás jegyében a gyakorlatban is demonstrálta az Európa és Észak-Amerika közötti erős köteléket. A gyakorlat bizonyította, hogy a NATO az Észak-atlanti Szerződés 5. cikkelye alapján kész és képes egy tagállamot ért feltételezett támadás esetén az azonnali reagálásra, a tagállamok repülőerőit felkészültek az együttműködésre, és képesek egy magas intenzitású légi művelet megtervezésére, levezetésére és végrehajtására. A légierő haderőnemi gyakorlatnak drámai aktualitást adott a 2022. február 24-én kirobbant orosz-ukrán háború, amelynek kapcsán Oana Lungescu NATO szóvivő kijelentette: „Az Air Defender egyértelmű üzenete, hogy a NATO kész megvédeni a szövetségesek területének minden centiméterét”. [11] Rendkívül fontos kiemelni, hogy a korszerű eszközökkel vívott fegyveres küzdelemben a hadműveletek első és egyik legfontosabb lépését a légtér saját célokra történő igénybevételét biztosító ellenőrzésének (védelmének) elérése és fenntartása jelenti. A légtér adott helyzetnek megfelelő szintű ellenőrzése hatékonyabbá és biztonságosabbá teszi

10. ÁBRA. A massachusetts-i Légi Nemzeti Gárda, 104. vadászpilóta ezred 131. századának F-15C Eagle típusú vadászpilóta repülőgépe emelkedik el Hohn repülőbázisának futópályájáról. A repülőgépet 1986-ban gyártották, azóta több modernizációs programmal korszerűsítették (Fotó: Kelecsényi István)



¹⁰ A légi feladatszábo parancs (ATO) olyan eszköz, amellyel a légierő komponens-parancsnoka (Joint Force Air Component Commander – JFACC) vezeti és irányítja a légierő egységeit haderőnemi, ill. összhaderőnemi műveleti környezetben.

¹¹ Az 1971 óta minden évben megrendezett BALTOPS a NATO egyik legrégebbi gyakorlata. Az éleslövészettel egybekötött BALTOPS célja a tengeri műveletek begyakorlása, ideértve a tengeralttjárók elleni tevékenységet is.

a saját csapatok tevékenységét, elősegíti a hadműveletek meghatározott helyen és időben történő végrehajtását.¹² Felértékelődött a légtér harctevékenység céljából történő igénybevételének jelentősége, és ennek egyenes következményeként a légierő felelőssége az ellenséggel szembeni visszatartó, a védelmi és a kollektív védelmi feladatok teljesítésében. [22] Az AD23 légierő haderónemi gyakorlat tervezése 2018-ban kezdődött. A fiktív forgatókönyvön alapuló feltételezett támadásra adott szövetséges válaszreakció tehát ennek a doktrinális alaptételnek a szellemében született, részben annak demonstrálására, hogy a légierő az agresszió elhárításának első és legfontosabb eszköze. A légtér saját célra történő igénybevételének hiányával, és annak tragikus következményeivel szembesülünk nap mint nap az orosz–ukrán konfliktus eseményei láttán. [23] A könyörtelen valóság egyértelműen rávilágított arra, hogy a tagállamok és Európa biztonságát, védelmi képességeit növelni kell. Németország deklarált szándéka, hogy az Air Defender légierő haderónemi gyakorlatot a jövőben rendszeresen megszervezi és megrendezi.

NEMZETI VONATKOZÁSOK

A Gripen-flotta gerincét az NFTC-programot végzett repülőgépvezetők alkotják, tehát együtt a fejlett technika és a felkészült személyi állomány a két döntés eredményeként kialakult az a képesség, amely lehetővé teszi a stratégiai dokumentumokban és direktívákban megfogalmazott követelmények teljesítését, a NATO-val történő együttműködést. Ezt példázza az Air Defender 23 légierő haderónemi gyakorlat, amelyen a magyar légierő 5 db JAS 39 Gripen repülőgéppel vett részt. Az úti jelentésből is kitűnik, hogy a nemzeti és kollektív védelmi képességek erősítése, az együttműködés további fokozása és az elérhető legmagasabb szintre emelése napjaink és a jövő lehetséges konfliktusainak kulcskérdése. A légierő folyamatos fejlődése és fej-



lesztési igénye – a haderónem sajátosságaiából, a NATINAMDS alapvető követelményei kielégítésének szükségességéből adódóan – történelmi tény és szükségszerűség, amely a haderőtervezőket és a döntéshozókat rendszeresen újabb és újabb kihívások elé állítja. Nem kérdés, hogy a jelenleg zajló konfliktusok tapasztalatainak tükrében – különös tekintettel az Air Defender 23 tapasztalataira

– a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program újragondolása szükségszerű és indokolt, a fő hangsúlyt – a szerzők álláspontja szerint – a légierő további fejlesztésére kell helyezni. Az úti jelentésből kitűnik az is, hogy a légierő haderónemi gyakorlatra kitelepülő Gripenek földi támogató elemeinek helyszínre juttatása a hadszíntéri légiszállító képesség hiányában földi szállítással, közúton történt. Az em-

11. ÁBRA. Az Egyesült Államok Flotta Légierőjének VFA-213 Black Lions (Fekete Oroszlánok) százada az Atlanti Óceáni Parancsnokság alá tartozik. Bázisa a virginiai Oceana tengerészeti légiállomás. A CVN-78 USS Georald R. Ford repülőgép-hordozó CVW-8 (Hordozófedélzeti Légi Ezred) állományába tartozik. Az F/A-18F kétüléses Super Hornet vadászbombázó lajstromszáma: 168930 (Fotó: Kelecsényi István)



a)



b)

12. ÁBRA. A Wunstorf légi bázison kapott helyet a 2400 m³ tárolókapacitású német-magyar tábori mobil üzemanyagraktár a). A WARDAM II. tábori hajtóanyagraktár és töltőpont 150 m³-es F-34 JET A-1 elasztikus tartályokból és kármentőkből épül fel b) [9]

¹² A magyar katonai gondolkodásban kialakult egy hamis percepció (pl. Afganisztánban, Irakban, Bosznia-Hercegovinában, Koszovóban szerzett missziós tapasztalatok, ahol nem kellett számolni az ellenséges légierő tevékenységével) alapuló nézet, amely a légierőt kizárólag támogató szerepkörben képzelel el. A légi főlény kivívása és fenntartása (légi uralom), a légierő támogatása nélkül a felszíni erők alkalmazásának kockázati szintje igen magas, a műveletek következményei beláthatatlanok. Pontosan ennek lehetünk tanúi napjainkban.

NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

1. TÁBLÁZAT. A Németországba, valamint a Prestwick és Amari repülőbázisokra települt repülőgépek országonkénti bontásban.

A táblázatban nem szerepelnek a gyakorlaton részt vett, fogadó országokból származó repülőgépek (A szerzők szerkesztése [12] [15] alapján)

Típus	Lajstromszám	Egység	Ország	Típus	Lajstromszám	Egység	Ország
WUNSTORF				F-16C	86-0365/CO	USAF 120 th FS / CO ANG	USA
C-130H USAF 154 th TRS / AR ANG	89-9102	USAF 154 th TRS / AR ANG	USA	F-16C	86-0367/CO	USAF 120 th FS / CO ANG	USA
C-130H USAF 180 th AS / MO ANG	90-1798	USAF 180 th AS / MO ANG	USA	F-16C	86-0370/CO	USAF 120 th FS / CO ANG	USA
C-130H USAF 142 nd AS / DE ANG	91-1237	USAF 142 nd AS / DE ANG	USA	F-16C	87-0229/CO	USAF 120 th FS / CO ANG	USA
C-130H USAF 192 nd AS / NV ANG	92-0553	USAF 192 nd AS / NV ANG	USA			spec c/s	
C-130H USAF 169 th AS / IL ANG	92-1451	USAF 169 th AS / IL ANG	USA	F-16C	87-0336/AL	USAF 120 th FS / CO ANG	USA
C-130H USAF 187 th AS / WY ANG	92-1533	USAF 187 th AS / WY ANG	USA			spec c/s	
C-130H USAF 158 th AS / GA ANG	93-1562	USAF 158 th AS / GA ANG	USA	F-16C	88-0418	USAF 175 th FS / SD ANG	USA
C-130H USAF 109 th AS / MN ANG	95-1001	USAF 109 th AS / MN ANG	USA	F-16C	88-0428	USAF 175 th FS / SD ANG	USA
C-130J-30 USAF 165 th AS / KY ANG	15-5893	USAF 165 th AS / KY ANG	USA	F-16C	88-0452	USAF 175 th FS / SD ANG	USA
C-130J-30 USAF 181 st AS / TX ANG	17-5904	USAF 181 st AS / TX ANG	USA	F-16C	89-2005	USAF 175 th FS / SD ANG	USA
C-27J		C-27J FAR Esc-902	Románia	F-16C	89-2064	USAF 175 th FS / SD ANG	USA
HOHN (ETNH)				F-16C	89-2105	USAF 175 th FS / SD ANG	USA
EA-18G	166943/AJ-500	US Navy VAQ-142	USA	F-16C	89-2125	USAF 175 th FS / SD ANG	USA
EA-18G	168271/AJ-503	US Navy VAQ-142	USA	A-10C	78-0641/MI	USAF 107 th FS / MI ANG	USA
F/A-18F	166626/AJ-210	US Navy VFA-213	USA	A-10C	78-0689/MI	USAF 107 th FS / MI ANG	USA
F/A-18F	168930/AJ-213	US Navy VFA-213	USA	A-10C	80-0213/MI	USAF 107 th FS / MI ANG	USA
F/A-18E	166781/AJ-305	US Navy VFA-31	USA	A-10C	80-0221/MI	USAF 107 th FS / MI ANG	USA
F/A-18E	166840/AJ-307	US Navy VFA-31	USA	A-10C	80-0258/MI	USAF 107 th FS / MI ANG	USA
F/A-18E	169398/AJ-404	US Navy VFA-87	USA	A-10C	81-0998/MI	USAF 107 th FS / MI ANG	USA
F/A-18E	166867/AJ-107	US Navy VFA-37	USA	JAS-39C	35	HUAF MH SzD 101. rep. dd.	Magyarország
F-15C	84-0010/MA	USAF 131 st FS / MA ANG	USA	JAS-39C	36	HUAF MH SzD 101. rep. dd.	Magyarország
F-15C	84-0016/MA	USAF 131 st FS / MA ANG	USA	JAS-39C	38	HUAF MH SzD 101. rep. dd.	Magyarország
F-15C	85-0101/MA	USAF 131 st FS / MA ANG	USA	JAS-39C	39	HUAF MH SzD 101. rep. dd.	Magyarország
F-15C	85-0110/ZZ	USAF 131 st FS / MA ANG	USA	JAS-39D	44	HUAF MH SzD 101. rep. dd.	Magyarország
F-15C	85-0126/OT	USAF 131 st FS / MA ANG	USA	F-16	88-0036	THK 151 Filo	Törökország
F-15C	86-0154/MA	USAF 131 st FS / MA ANG	USA	F-16	89-0026	THK 151 Filo	Törökország
F-15C	86-0163/MA	USAF 131 st FS / MA ANG	USA	F-16	90-0012	THK 151 Filo	Törökország
F-15C	86-0168/MA	USAF 131 st FS / MA ANG	USA	SPANGDAHLEM (ETAD) Repülőbázis			
F-15C	82-0009/JZ	USAF 122 nd FS / LA ANG	USA	F-35A	17-5277/VT	USAF 134 th FS / VT ANG	USA
F-15C	82-0010/JZ	USAF 122 nd FS / LA ANG	USA	F-35A	18-5337/VT	USAF 134 th FS / VT ANG	USA
F-15C	82-0017/JZ	USAF 122 nd FS / LA ANG	USA	F-35A	18-5341/VT	USAF 134 th FS / VT ANG	USA
F-15C	83-0010/JZ	USAF 122 nd FS / LA ANG	USA	F-35A	18-5349/VT	USAF 134 th FS / VT ANG	USA
F-15C	83-0036/JZ	USAF 122 nd FS / LA ANG	USA	F-35A	18-5358/VT	USAF 134 th FS / VT ANG	USA
F-15C	83-0041/JZ	USAF 122 nd FS / LA ANG	USA	F-35A	18-5359/VT	USAF 134 th FS / VT ANG	USA
F-15C	84-0022/JZ	USAF 122 nd FS / LA ANG	USA	RAMSTEIN (ETAR) Repülőbázis			
F-15C	85-0112/JZ	USAF 122 nd FS / LA ANG	USA	KC-135R	60-0365	USAF 117 th ARS / KS ANG	USA
F/A-18C	HN-405/05	FINAF HavLLv-31	Finnország	KC-135R	62-3512	USAF 126 th ARS / WI ANG	USA
F/A-18C	HN-407/07	FINAF HavLLv-31	Finnország	KC-135R	63-8007	KC-135R USAF 106 th ARS / AL ANG	USA
F/A-18C	HN-433/33	FINAF HavLLv-31	Finnország	KC-135R	63-8018	KC-135R USAF 173 rd ARS / NE ANG	USA
F/A-18C	HN-437/37	FINAF HavLLv-31	Finnország	LAAGE (ETNL) Repülőbázis			
Typhoon FGR.4	ZK308/308	RAF 1 Sqn	Nagy Brittanía	F-2000A	MM7298/51-98	AMI 51.St	Olaszország
Typhoon FGR.4	ZK322/322	RAF 1 Sqn	Nagy Brittanía	F-2000A	MM7309/51-09	AMI 51.St	Olaszország
Typhoon FGR.4	ZK344/344	RAF 1 Sqn	Nagy Brittanía	GEILENKIRCHEN (ETNG) Repülőbázis			
Typhoon FGR.4	ZK347/347	RAF 1 Sqn	Nagy Brittanía	KC-46A	16-46013	USAF 133 rd ARS / NH ANG	USA
LECHFELD (ETSL) Repülőbázis				KC-46A	17-46034	USAF 133 rd ARS / NH ANG	USA
A-10C	78-0584/ID	USAF 190 th FS / ID ANG	USA	KC-135R	57-1462	USAF 153 rd ARS / MS ANG	USA
A-10C	78-0643/ID	USAF 190 th FS / ID ANG	USA	PRESTWICK (EGPK) Repülőbázis			
A-10C	79-0194/ID	USAF 190 th FS / ID ANG	USA	KC-135R	61-0309	USAF 126 th ARS / WI ANG	USA
A-10C	80-0218/ID	USAF 190 th FS / ID ANG	USA	KC-135R	62-3549	USAF 174 th ARS / IA ANG	USA
A-10C	80-0250/ID	USAF 190 th FS / ID ANG	USA	KC-135R	63-8043	USAF 168 th ARS / AK ANG	USA
A-10C	81-0955/ID	USAF 190 th FS / ID ANG	USA	NEUBURG (ETSN) Repülőbázis			
F-16 HAF	047	HAF 347 Mira	Görögország	C.16 (EF-2000)	C.16-44/14-44	AME ALA-14	Spanyolország
F-16 HAF	065	HAF 347 Mira	Görögország	C.16 (EF-2000)	C.16-60/14-60	AME ALA-14	Spanyolország
F-16 HAF	073	HAF 347 Mira	Görögország	C.16 (EF-2000)	C.16-62/14-62	AME ALA-14	Spanyolország
SCHLESWIG (ETNS) Repülőbázis							
F-16C	86-0277/CO	USAF 120 th FS / CO ANG	USA				
F-16C	86-0339/CO	USAF 120 th FS / CO ANG	USA				

lített hiány rendkívül megnehezíti a harcászati repülőgépek széttelepítését,¹³ a repülőerők telepíthetőségét, a gyors reagálás lehetőségét. A 2024-ben beérkező 2 db KC-390 Millennium szállító repülőgép ezt a hiányt hivatott pótolni. Az úti jelentés hangsúlyozza továbbá a nagy kötelékekben (COMAO) történő repülések gyakorlásának jelentőségét és szükségességét, ami a tervezés és a végrehajtás területén is lényegesen összetettebb, nagyobb precizitást igénylő harctevékenység. Az ilyen jellegű és ezzel szorosán összefüggő feladatok (pl. légi utántöltés) begyakorlására – tekintettel a nemzeti haderő rendelkezésre álló erőforrásokra –, csak nemzetközi együttműködés keretei között nyílik lehetőség. A harcászati repülő képesség fenntartása és további fejlesztése érdekében – a szerzők véleménye szerint – ki kell használni a magas harcászati értékkel bíró gyakorlatokon, kiképzési rendezvényeken és programokban (pl. a Tactical Leadership Program – TLP) való részvétel lehetőségét. A jelenleg zajló konfliktusok tapasztalatainak birtokában – különös tekintettel a formálódó új világrend, a globális trendek kihívásaira – célszerűnek látszik a Magyar Honvédség szervezetének újbóli áttekintése. A haderőnemek önállóságának növelésével, ugyanakkor a haderőnemek, a különböző dimenziók (domain,¹⁴ multi-domain¹⁵) közötti együttműködés erősítésével tovább kell korszerűsíteni a haderő vezetési és irányítási rendszerét. A légierő vezetési rendszerét, figyelemmel a haderőnem sajátosságaiából adódó rendkívül időkritikus döntési helyzetekre, vissza kell utalni a haderőnemi parancsnok alárendeltségébe. Ez annál is inkább indokolt, mert az Integrált Lég- és Rakétavédelem Állandó Védelmi Terv (Integrated Air and Missile Defence Standing Defence Plan – IAMD SDP) elfogadásával és bevezetésével a NATO-tagállamok légierőinek képesnek kell lenniük az ún. Air Policing (légtérrendészeti) helyzetből az Air Defence (légvédele-



mi) helyzetre történő átállásra, művelési szünet nélkül. Porkoláb Imre sorait idézve: „Olyan szervezeti kultúra kialakítása a cél, amelyben a szervezet valamennyi tagja tisztában van a célkitűzésekkel és ezek figyelembevételével, vezetői felhatalmazás birtoká-

ban, részben vagy teljesen önállóan cselekszik”.¹⁶ [8] Vitathatatlan tény, hogy az Air Defender nagymértékben hozzájárul a NATO-tagállamok és partnernemzetek biztonságának erősítéséhez, és a közös védelem hatékonyságának növeléséhez.

13. ÁBRA. A 44-es oldalszámú JAS-39D kétüléses harci-gyakorló Gripen napjainkban már a kecskeméti MH vitéz Szentgyörgyi Dezső 101. Repülőandár 1. Harcászati Repülőszázadában repül. 2016 óta repül hazánkban, ezt megelőzően a Svéd Királyi Légierőben, 842-es oldalszámmal állt rendszerben (Fotó: Kelecsényi István)

HIVATKOZÁSOK

[8] Porkoláb Imre. A stratégia művészete. HVG könyvek, Budapest, 2019. ISBN 978-963-304-740-8 pp. 10., 15.;

[9] Hovány-Pap Melinda. Üzemanyagos katonák az Air Defenderen. honvedelem.hu, 2023. június 21. <https://honvedelem.hu/hirek/uzemanyagos-katonak-az-air-defenderen.html> (Letöltve: 2023.7.11.);

[10] German-led live-fly exercise, Air Defender 2023 will take off in June. 2023.04.20. https://ac.nato.int/archive/2023/AD23_announcement (Letöltve: 2023.7.12.);

[11] Germany hosts biggest ever air exercise of NATO forces. https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_215611.htm (Letöltve: 2024.2.7.);

[12] Hofmann, Frank. NATO: Air Defender 23 is its biggest exercise ever. Deutsche Welle (DW), 2023.06.11. <https://www.dw.com/en/nato-air-defender-23-is-its-biggest-exercise-ever/a-65872291> (Letöltve: 2023.7.11.);

[13] Lendon, Brad. As Ukraine fights back, hundreds of NATO warplanes are flying over Germany in alliance's largest-ever aerial drills. CNN, 2023.06.14. <https://edition.cnn.com/2023/06/14/europe/nato-air-defender-2023-exercises-germany-intl-hnk/index.html> (Letöltve: 2023.7.13.);

[14] AJP-3.3 ALLIED JOINT DOCTRINE FOR AIR AND SPACE OPERATIONS, Edition B, Version 1, April 2016. pp. 27., 1–11;

[15] Scramble Dutch Aviation Society: Air Defender 2023, serial overview, 2023.06.04. <https://scramble.nl/community/messageboard/74/170425> (Letöltve: 2023.7.13.);

[16] Morgan, Joseph. 124th Warthogs Arrive at Exercise Air Defender. 2023.06.09. <https://www.nationalguard.mil/News/Article/3423074/124th-warthogs-arrive-at-exercise-air-defender/> (Letöltve: 2023.7.13.);

[17] Air National Guard: Air Defender 23. <https://www.ang.af.mil/Media/Article-Display/Article/3432019/182nd-aw-leads-c-130-hercules-operations-at-air-defender-23/> (Letöltve: 2023.7.13.);

[18] Norddeutscher Rundfunk: Air Defender 2023: Was die Luftwaffen-Übung für den Norden bedeutet. ndr.de, 2023.06.15. <https://www.ndr.de/nachrichten/schleswig-holstein/Air-Defender-2023-Was-die-Luftwaffen-Uebung-fuer-Norden-bedeutet,airdefender100.html> (Letöltve: 2023.7.13.);

[19] Tóth Róbert. Gripenjeink az Air Defenderen. honvedelem.hu, 2023. június 15. <https://honvedelem.hu/hirek/gripenjeink-az-air-defenderen.html> (Letöltve: 2023.7.11.);

[20] Teszler Vendel. Remekül teljesít a magyar állomány. honvedelem.hu, 2023. június 18. <https://honvedelem.hu/hirek/remekul-teljesit-a-magyar-allomany.html> (Letöltve: 2023.7.11.);

[21] Balázs Ferenc. Közös kötelékben. honvedelem.hu, 2023. június 16. <https://honvedelem.hu/hirek/kozos-kotelekekben.html> (Letöltve: 2023.7.11.);

[22] Magyar Honvédség Légierő Doktrína, Magyar Honvédség Légierő Parancsnokság 2004, MH DSZOFT kód: 13013. pp. 18.;

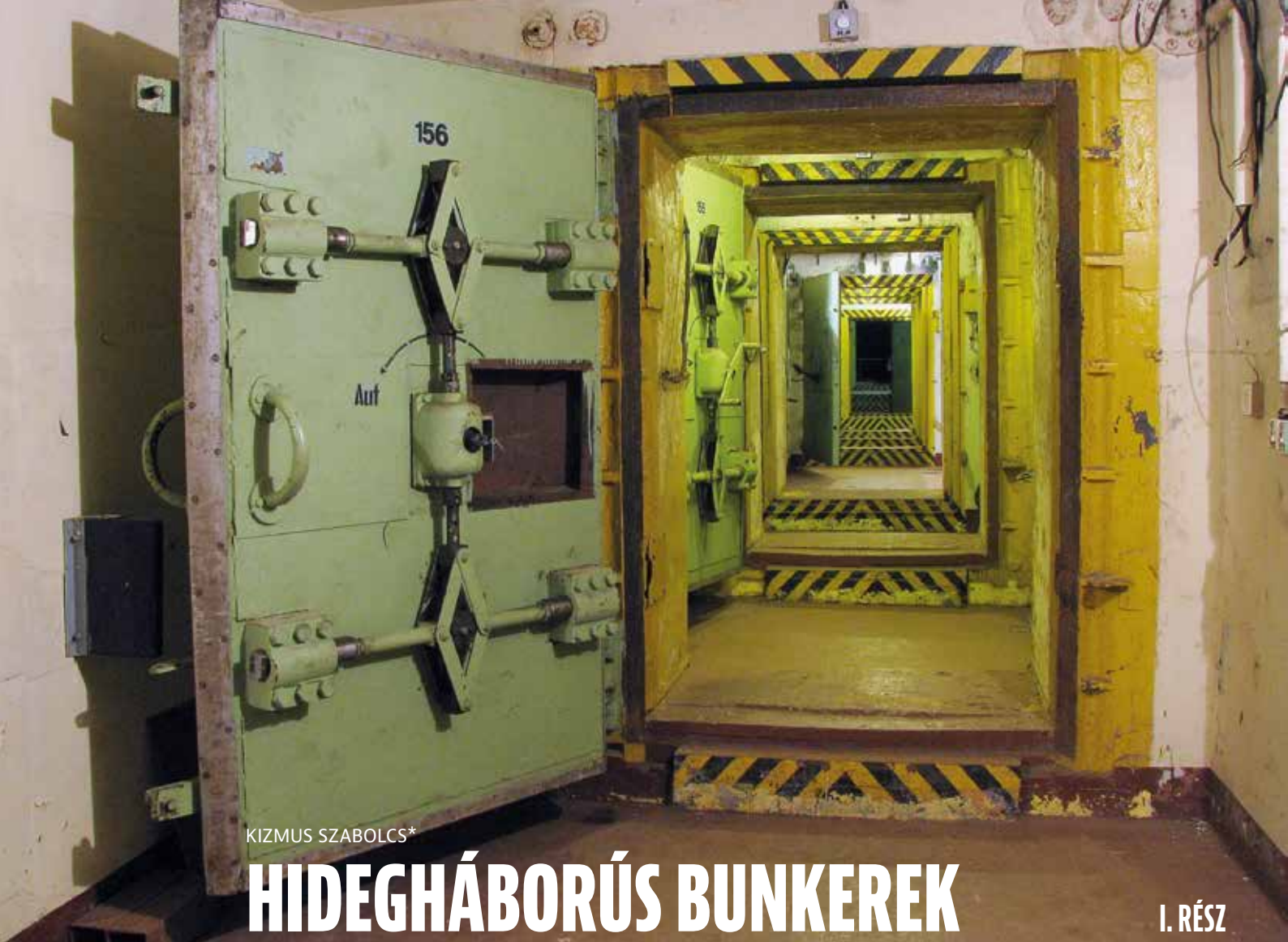
[23] How Russia and Ukraine's Losses Compare. Newsweek, 23 Feb. 2024 at 3:00 AM EST. <https://www.newsweek.com/russia-ukraine-losses-casualties-tanks-death-toll-anniversary-1864726> (Letöltve: 2024.2.23.).

¹³ A repülőerők széttelepítése harcászati alapelv, amelynek elsődleges célja az erők megóvása. A JAS 39 Gripen tervezésének egyik alapvetése volt az ún. korlátozott mezőről (kis repülőterek, kiszélesített utak, autópályák) történő alkalmazhatóság követelménye.

¹⁴ A latin „dominium” szóból ered, amelynek jelentése: birtok, uralom, tartomány. Katonai értelmezésben: dimenzió.

¹⁵ A kifejezésre a magyar katonai szakirodalomban többnyire a „többdimenziós” (pl. műveletek) kifejezés használatos.

¹⁶ Ez egyértelműen összecseng a légierő önálló haderőnemmé válása óta érvényben lévő, doktrínába foglalt alaptétellel (Centralized control, decentralized execution – AJP-3.3 pp. 22. 1-5).



KIZMUS SZABOLCS*

HIDEGHÁBORÚS BUNKEREK

I. RÉSZ

1. ÁBRA. Az egykori NDK Honvédelmi Minisztériumának Kunersdorfban megépült, kétszintes hírközpontjának főbejárata a zsilipkamrákkal és a szovjet gyártmányú védőajtókkal, hermetikusan zárható nyomásálló páncélajtókkal (A szerző felvétele)

ÖSSZEFOGLALÁS: Az emberek már ősidők óta biztonságosnak vélt menedékekbe húzódnak a vadállatok, a természet ereje és leginkább az ellenség elől. A történelem kezdetén ezek természetes barlangok, sziklahasadékok voltak, de az elmúlt évezredek során, ahogy az emberiség meghódította a Földet, egyre robusztusabb védőszerkezeteket alakítottak ki, azzal a céllal, hogy a túlélésüket biztosítsák. Az egyre korszerűbb és pusztítóbb fegyverek megjelenése folyamatosan új kihívások elé állította a katonai és polgári életvédelmi létesítményeket tervező mérnököket, építészeket. Ezek a különleges és titokzatos építmények a hidegháború évtizedeiben terjedtek el a legnagyobb mértékben világszerte, de sajnos máig sem veszítették el jelentőségüket. A 2023-as vilniusi NATO-csúcson a tagállamok megegyeztek a szövetség nukleáris elrettentő képességének korszerűsítésében és erősítésében, amely szintén a fenyegetettség erősödésére utal.

KULCSSZAVAK: speciális erődítési (védett) létesítmény, óvóhely, védelemosztályok, polgári védelem

ABSTRACT: Since time immemorial, people have taken refuge in presumed safe havens from wild animals, the forces of nature and, most of all, the enemy. At the dawn of history, these were natural caves and rocky ravines, but over the millennia, as humans conquered the Earth, they developed ever more robust protective structures to ensure their survival. The emergence of ever more advanced and destructive weapons has continually presented new challenges to engineers and architects designing military and civilian life protection facilities. These special and mysterious structures became the most widespread worldwide during the decades of the Cold War, but unfortunately have not lost their significance to the present day. At the 2023 Vilnius Summit, the NATO member states agreed on modernizing and strengthening the nuclear deterrence capability of the Alliance, which also indicates the increasing threat.

KEYWORDS: special fortification (protected) facility, shelter, protection classes, civil protection

BEVEZETÉS

A II. világháborút követő évtizedekben a Szovjetunió és az Amerikai Egyesült Államok eszelős, pénzt nem kímélő fegyverkezési versenyt folytatott a kölcsönös elrettentés jegyében. Ezen időszak alatt számos alkalommal csak nagyon kevésen múlt, hogy a hidegháború – szó szerint – tűzforró atomháborúvá eszkalálódjon. Elég csak az 1962 októberi kubai rakétaválságra vagy az 1983 novemberi Able Archer nevű NATO-hadgyakorlatra gondolni, amikor tényleg csak egy hajszál, néhány ember józan gondolkodása és döntése választotta el a két katonai blokkot attól, hogy a világ egy – valószínűleg mindkét fél és szövetségesei számára – végzetes háborúba sodródjon.

A Washington és Moszkva által vizionált ellenséges konfrontációt az ötvenes években és a hatvanas évek első felében leginkább egy totális támadás megindításának terve jellemezte, amely során a rendelkezésre álló nukleáris fegyverek minél nagyobb

* Hadtörténeti kutató, szakíró. ORCID: 0009-0001-5816-9090

számú, akár tömeges bevetésén volt a hangsúly. Ez épített szárazföldi állásokból, silókból és tengeralattjárókról indítható ballisztikus rakétákat, valamint hadászati bombázó repülőgépek által célba juttatott atombombákat jelentett. Mindenképpen érdemes megjegyezni, hogy kb. az 1960-as évek derekáig az USA jelentős stratégiai fölényben volt mind a tömegpusztító fegyverek, mind a hordozók számát tekintve. Hamar nyilvánvalóvá vált, hogy a korábban elképzelhetetlen rombolóerővel bíró atomfegyverek – különösen a termonukleáris eszközök – ilyen jellegű alkalmazása gyakorlatilag nem bír értelmezhető hadászati eredménnyel, hiszen a mérhetetlen pusztítást követően nem lesz győztes fél. A katonai vezetők belátták, hogy egy ilyen háború sem politikai, sem katonai szempontból nem lehet realitás, hiszen az adott régiók, városok eltörlése után a sivár környezet akár évszázadokra is radioaktív szennyezéssel terhelt lesz, és egyszerűen nem lesz élhető tér a bolygón. Ezt követően a megváltozott katonai elképzelések szerint inkább a „rugalmasabban” kezelt és kisebb hatóerejű atomfegyverek alkalmazását tartották előnyösebbnek, amelyeket lehetőség volt – konvencionális és vegyi fegyverek mellett – korlátozottabb mértékben, különböző intenzitással bevetni elsősorban katonai célpontok ellen, akár harcászati szinten is.

Mindezekon túl nyilvánvaló volt, legyen szó megelőző támadásról vagy válasz-, esetleg megtorló csapásról, hogy egy esetlegesen ki-robbanó atomháború nem pusztán a kijelölt hadszínterekre, frontokra fog korlátozódni, hanem kiterjed a hátszázokra is, és a civil lakosság veszteségei többszörösen felülmúlhatják a fegyveres erők veszteségeit. Egy ilyen léptékű fegyveres konfliktus során elengedhetetlen volt a hadműveleteket irányító parancsnokságok, katonai magasabbegységek védelme éppúgy, mint lehetőség szerint a közlekedési infrastruktúra, a kommunikációs hálózatok, valamint a jelentősebb, az ország gazdasága szempontjából nélkülözhetetlen ipari létesítmények további üzemeltetésének, azok vezetésének, dolgozóinak, illetve a polgári lakosság



minél kiterjedtebb védelmének biztosítása. Az adott korszakban a szocialista országok számára elsődleges fontosságú volt az államigazgatás, a kormányzat és az egypártrendszer apparátusának megóvása már a veszélyeztetettségi időszakban is. Az adott ország politikai és katonai vezetésére szabott feladatok, a sikeres hadviselés, illetve a háborús körülmények között is szervezett állami lét fenntartása érdekében nélkülözhetetlen volt a különböző típusú óvóhelyek, életvédelmi létesítmények építése, amelyek méretét, kialakítását, speciális irányítási, kommunikációs és informatikai, valamint gépészeti felszereltségét a felhasználók üzemeltetési igényei határozták meg, függően az ország gazdasági lehetőségeitől, a rendelkezésre álló pénzügyi és tárgyi erőforrásoktól. [1] [2]

Ezek a különleges és titokzatos építmények világszerte elsősorban a hidegháború évtizedeiben terjedtek el, de sajnos máig sem veszítették el jelentőségüket. Az elmúlt évtizedekben a tömegpusztító fegyverek mennyisége (a nukleáris robbanófejek száma) bár globálisan tekintve csökkent a világban, ugyanakkor egyes országok (India, Pakisztán, az Egyesült Királyság, Kína) az elmúlt években növelték atomarzenáljukat. Minden atomhatalom folyamatosan modernizálja a nukleáris fegyvereket célba juttató hordozóeszközöket. Az orosz-ukrán háború kapcsán, a sajtóból napi szinten értesülhetünk arról, hogy politikusok és katonai vezetők egyre gyakrabban említik az atomfegyver alkalmazásának lehetőségét. A ve-

szélyt elsősorban az úgynevezett taktikai atomfegyverek jelentik. A 2023-as vilniusi NATO-csúcson a tagállamok megegyeztek a szövetség nukleáris elrettentő képességének korszerűsítésében és erősítésében, ami szintén a fenyegetettség erősödésére utal. A speciális erősítési létesítmények azok az építmények, amelyek a kivitelezés során alkalmazott korszerű ipari technológiák révén a mértékadó támadóeszközök komplex hatásai elleni kollektív védelmet nyújtanak a bent tartózkodóknak, így lehetővé téve azok speciális szakfeladatainak ellátását a külső körülményektől függetlenül.

A VÉDETT LÉTESÍTMÉNYEK LEHETSÉGES FELOSZTÁSA

A meghatározott műszaki követelményeknek megfelelően kialakított építményeket több szempont szerint csoportosíthatjuk: [2]

1. *Katonai, illetve egyéb fegyveres szervezet (pl. nemzeti gárda, titkosrendőrség stb.), vagy polgári védelmi, civil rendeltetésű létesítmény.*

Ilyenek a harci műveletek tervezését, koordinálását végző, a különböző szintű katonai alakulatokat irányító harcvezetési pontok, a haderőnemek, fegyvernemek egységeinek parancsnoki, kommunikációs központjai, a speciális fegyverek, harceszközök elhelyezésére szolgáló különleges tárolók, fedezékek, vagy az országok kormányzatát, a lakosság és a dolgozók védelmét szolgáló objektumok. Emellett említendő a közigazgatást és a polgári védelmet irányító létesítmények, illetve a háborús körülmé-

2. **ÁBRA.** Az egykori NDK 1. légvédelmi hadosztályának 1965–67 között épült háromszintes, föld alatti védett objektuma a Cottbus közelében található Kolkwitzban. A GS-31 (Gefechtsstand – Harcálláspont) jelzésű létesítmény minusz 2. szintjén kialakított harcálláspontból figyelték és irányították az ország déli részének légterét (A szerző felvétele)

3. ÁBRA. Az ukrainai Mukacsevótól (Мукачево, Munkács) mintegy 35-40 km-re, északra emelkedő, 1480 m magas Polonyina Runa-hegy (Полонина-Руна, Polonina-Runa) kopár tetején épített BARSz troposzféra híradórendszer 103-as számú átjátszó-állomásának kétszintes bunkerét a rendszerváltás miatt már nem fejezték be a szovjetek. A képen jól megfigyelhető az előregyártott vasbeton fal- és födemelemből készült szerkezet, illetve a körülötte kiásott munkagödör (A szerző felvétele)



4. ÁBRA. A volt keletnémet néphadsereg (NVA - Nationale Volksarmee) 16/05/206 számú „Számítógép és adatközpont” (ORZ - Organisations- und Rechenzentrum) kétszintes bunkerének bejáratához vezető 200 m hosszú alagút, amely egy felszíni, négy szintes irodaépület pincésztintjéről indul. A monolit vasbeton szerkezetű védett létesítmény 1972 és 1975 között épült a Berlintonól keletre lévő Garzau falucska mellett (A szerző felvétele)

nyek között is működésre kötelezett szervezetek (pl. rádióállomások, telefonközpontok) és a kiemelt intézmények számára épült védett létesítmények. (2. ábra)

2. *Védőképesség szerint besorolt minősített életvédelmi létesítmények vagy szükségóvóhelyek.*
A Szovjetunióban és Magyarországon I–V. osztályba sorolták (1. táblázat), az NDK-ban A–E-ig jelölt betűkóddal kategorizálták a védelembeli osztályokba sorolt objektumokat, amelyek a vonatkozó méretezéseknek megfelelő kialakításukkal, határoló szerkezeteikkel és műszaki berendezéseikkel ellenálltak a nukleáris és hagyományos fegyverek komplex hatásainak. (2. táblázat) [3] [4] [5] [6] [7] [8]

3. *Elhelyezés alapján épület alatti, vagy különálló szerkezetek, valamint meglévő, természetes vagy mesterséges föld alatti térben kiépített létesítmények.*

A világ számos nagyvárosában – így Budapesten is – megépült metróhálózatok kettős rendeltetésük révén ideális tömegóvóhelynek bizonyultak. A polgári életvédelmi létesítmények esetében fordult elő gyakrabban, hogy egy meglévő ipari, lakó-, vagy középület alagsorában, pincésztintjén alakítottak ki megerősített szerkezetű óvóhelyeket, azonban a honvédségi objektumok között is számos példa van rá, hogy egy terepszint alatti harcálláspont, vagy parancsnoki bunker közvetlen szerkezettel kapcsolódik a felszíni épülethez. Nem egy esetben a lépcsőház legalsó szintjéről/pincéjéből egy változó hosszúságú, és akár többszörösen megtört vonalvezetésű, föld alatti folyosó vezetett a védett objektum főbejáratához. (4. ábra) Ennek a megoldásnak a légi felderítés elleni hatékony álcázáson kívül gyakorlati szerepe is volt, hiszen a szolgálatba induló állomány közvetlenül, biztonságosabb módon juthatott el a munkahelyére, valamint a felszíni

épületet ért légitámadás során a föld alatti építmény jó eséllyel továbbra is rendeltetésszerűen tudott működni. A különálló óvóhelyek – a nevékből adódóan – nem kapcsolódnak szerkezetileg más építményhez, épülethez, ezek lehetnek terepszint feletti, vagy föld alattiak, esetleg részben terepszint alá süllyesztettek. [9]

4. *Építési technológia alapján megkülönböztethetők az előre kiásott, nyitott munkagödörben megépített objektumok, illetve a bányászati, valamint alagútépítési módszerekkel készült föld alatti mélylétesítmények.*
Természetesen a geológiai tényezők, úgymint a talaj szerkezete vagy a kőzet szilárdsága, összetétele, és a talajvízszint jelentősen befolyásolták bármely föld alatti létesítmény tervezését és kivitelezését. (3. ábra)

Előbbi esetben a szerkezet készült előregyártott vasbeton elemekből vagy a helyszínen zsaluzott, betonacélokkal szerelt, majd kibetonozott monolit építményként. Miután a szerkezetépítési, vízszigetelési, külső gépészeti munkák befejeződtek, az elkészült bunkert betemették, és a felette így kialakult néhány méter vastag földrétegbe álcázás céljából gyorsan növényzetet, fákat ültettek.

Az utóbbiak – kihasználva a természetes terepadottságokat –, akár több száz méterrel a felszín alatt helyezkedhetnek el. Erre példa az Észak-amerikai Légvédelmi Parancsnokság (NORAD – North American Aerospace Defense Command) tartalék harcálláspontja, amely a Colorado állam belsejében, mintegy 600 m vastag gránit alatt épült 1961–1966 között. [20] (6. ábra)



A VÉDETT LÉTESÍTMÉNYEK FEJLESZTÉSI IRÁNYAI

A hidegháború kezdetén a szemben álló hatalmi tömbök olyan új fegyvereket, robbanóanyagokat fejlesztettek és állítottak hadrendbe, amelyek hatásai messze felülmúlták a korábbiakét. A rakétatechnika és a repülőgépipar rendkívül gyorsan fejlődött, így a robbanófejek akár néhány perc alatt is elérhették a több ezer kilométeres távolságban kijelölt célpontjaikat. Mindez komoly tudományos, mérnöki követelményeket támasztott a titkos, védett parancsnokságok, vezetési pontok, raktárak és kommunikációs központok tervezésével és kivitelezésével szemben. A korábban csak a hagyományos bombázás vagy olykor vegyi és gyújtófegyverek elleni védekezést szolgáló bunkerok építése mind mennyiségileg, mind költségvonzat szempontjából egyre jelentősebb méreteket öltött. Az érintett polgári és mindenekelőtt a katonai intézményekben a legnagyobb titokban folytak a tudományos-műszaki kísérletek, tesztek, hogy a leendő védett építmények megfelelő módon ellenálljanak az új fegyverek hatásainak. Az atomfegyverek alkalmazásának veszélye számos új és komoly kihívást jelentett a védett létesítmények, óvóhelyek tervezése során, és ez a korábbi háborúkból ismert klasszikus erődítmények újragondolásához vezetett. Az egyik fő feladat az új követelményekhez történő alkalmazkodás volt, különös tekintettel a nukleáris robbanás hatásaival szembeni védelemre: lökéshullám (a felszabadult energia kb. 50%-a), fény- és hőszugárzás (35%-os energiahányad), kezdeti radioaktív sugárzás (5%), elektromágneses impulzus erőssége, és a célterület maradó radioaktív szennyeződése (10%). [10] [11]

A két világháború közötti időszakban, valamint a II. világháború során kiépült klasszikus védelmi vonalak, erődrendszerek, mint a Maginot-vonal,¹ a Siegfried-vonal,² az Ostwall,³ az Atlanti fal⁴ vagy a csehszlovákiai erődök a későbbiekben már hadműveleti



és életvédelmi szempontból is elavultnak, korszerűtlennek számítottak. Ezek a rendkívül masszív, megerősített bunkerok elsősorban a különböző űrméretű lövegek, tarackok, ágyúk tűzcsapásai, és a kisebb méretű bombák ellen biztosítottak védelmet, akár több méter vastag vasbetonból készült külső falakkal, földemekkel. A brit Királyi Légierő az 1944–1945-ös támadásai során számos alkalommal bevetette az 5,5 tonna tömegű Tallboy, és a 10 tonnás Grand Slam nevű, hagyományos töltetű betonromboló bombákat, amelyek képesek voltak akár 7 m vastag vasbeton földémszerkezet áttörésére is.

A II. világháborút követően az Amerikai Egyesült Államok is elkészítette a maga szeizmikus betonromboló bombáját, a 20 t tömegű T-12 Cloudmakert, és 1960-ban a Sandia Nemzeti Laboratóriumok (SNL – Sandia National Laboratories) elindította az ún. földbe hatoló (earth-penetration – EP) technológia elnevezésű fegyverfejlesztési programját, jóllehet a Mark 8 és Mark 11 (B11) típusú atombombák révén az USA már az 1950-es években rendelkezett ilyen „bunkerromboló” fegyverekkel.

A Szovjetunióban sem tétlenkedtek az ország atomfegyverprogramjának vezetői illetve a tudományos

5. ÁBRA. Előregyártott íves vasbeton elemekből összeállított és csavarokkal több ponton egymáshoz rögzített szovjet „Gránit” típusú védett fedezék a csehországi Libavá közelében. Az alapelrendezés szerint a 33 m hosszú, 5,09 m magas, 6,17 m belső átmérőjű típus-építményeket az 1970-es évek elejétől építették (A szerző felvétele)



6. ÁBRA. A NORAD több száz méter mélyen fúrt/robbantott alagútjaiban kialakított két épületblokk látható a meglévő tizenegyből. A háromszintes komplexumokat nem rögzítették sem egymáshoz, sem az őket körülvevő gránitsziklákhöz. A szerkezetek a fotón is látható spirálrugókon ültek [21]

¹ A Maginot-vonal André Maginot (1877–1932) francia hadügyminiszter javaslatára 1927–1932 között a francia–német, az olasz–francia és a francia–luxemburgi határon épült, védelmi célokat szolgáló, építéskor korszerű erődrendszer volt.

² A Siegfried-vonal Németország nyugati határai mentén épített védelmi állások, erődítmények és tankcsapdák elnevezése.

³ Az Ostwall a német Wehrmacht által 1943-ban épített védelmi vonal volt a keleti fronton.

⁴ Az Atlanti fal 1942 és 1944 között épített védvonal volt, amely Finnországtól és Norvégiától Dánián, Hollandián, Belgiumon, a Csatorna-szigeteken keresztül egészen Franciaországig és Spanyolországig húzódtott.

1. TÁBLÁZAT. Minősített óvóhelyek védőképességei Magyarországon (A szerző szerkesztése [2] alapján)

Védőképesség	Betonromboló bombák tömege [kg]	Lökéshullám általi túlnyomás [MPa]	Autonóm üzemmód [h]	Védelem
I. osztály	< 1000	< 1,96 (20 kp/cm ²)	> 24	BGA*
II. osztály	< 500	< 0,98 (10 kp/cm ²)	> 24	BGA
III. osztály		< 0,49 (5 kp/cm ²)	6	GA**
IV. osztály		0,1 (1 kp/cm ²)	6	GA
V. osztály		0,03 (0,3 kp/cm ²)	2	G***

*BGA: bomba-, gáz-, atombiztos; **GA: gáz-, atombiztos; ***G: gázbiztos

2. TÁBLÁZAT. A keletnémet Nemzeti Néphadsereg (Nationale Volksarmee - NVA) által meghatározott objektum-védőképességek (A szerző szerkesztése [13] alapján)

Védőképesség	Betonromboló bombák tömege [kg]	Lökéshullám általi túlnyomás [MPa]	Hősgugrás [°C]	Autonóm üzemmód [h]
A	< 2500	< 2,45 (25 kp/cm ²)	>= 500	36
B	< 1000	< 0,98 (10 kp/cm ²)	>= 500	24
C	< 500	< 0,49 (5 kp/cm ²)	500	12
D	< 250	< 0,29 (3 kp/cm ²)	500	6
E		< 0,1 (1 kp/cm ²)		4

HIVATKOZÁSOK

- [1] Szalai János. A speciális erődítési létesítmények szerepe és rendeltetése a hidegháború kezdetétől napjainkig. Műszaki Katonai Közlöny, 2003. évi 1–4. szám, pp. 61–69;
- [2] Szalai János. A speciális erődítési létesítmények alkalmazása és szerepe az új biztonsági kihívások tükrében. Doktori (PhD-) értekezés, 2010, Budapest, pp. 82–86. <https://nkepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/12195/ertekezes.pdf?sequence=1> (Letöltve: 2024.5.12.);
- [3] Günther Meyer. Mittel und Methoden des Schutzes gegen Massenvernichtungsmittel – Baulicher Schutz, Deutscher Militärverlag, Berlin, 1965;
- [4] A Polgári Védelem Óvóhely Szakszolgálat Országos Parancsnokságának kiadványa – 2. tansegédlet, Budapest, 1972;
- [5] Szakutatisás a speciális erődítési (védett) létesítmények építés-tervezésére. Honvédelmi Minisztérium kiadványa. Budapest, 1990;
- [6] Pásztor Péter. A Speciális Erődítési (Védett) Létesítmények helye, szerepe az erődítéstan rendszerében. Bemutatkozik a Létesítmény Főnökség, Műszaki Katonai Közlöny, 2002/1–2., Budapest, pp. 39–52. https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2002_1_2.pdf (Letöltve: 2024.5.10.);
- [7] Horváth Tibor. A személyi állomány védelmét biztosító erődítési építmények fejlődésének vizsgálata és a továbbfejlesztés lehetséges irányai. PhD-értekezés, ZMNE, Budapest, 2002. <https://mn5581.oroszhaza.lapunk.hu/dokumentumok/maf.pdf> (Letöltve: 2024.5.3.);
- [8] Utasítás a III., IV., V. osztályú óvóhelyek tervezésére, PVOP, Budapest, 1970;
- [9] Rohoska Lajos, Ulrich Rudolf. Segédlet az életvédelmi létesítmények (óvóhelyek) üzemeltetési, karbantartási és felújítási feladatainak elvégzéséhez. Építésügyi Tájékoztatói Központ Kft. Budapest, 1993;
- [10] Glasstone, S., Dolan, Ph. J. The Effects of Nuclear Weapons, United States Department of Defense and the Energy Research and Development Administration, Washington, D.C., 1977. <https://doi.org/10.21236/ADA087568>;
- [11] Szalai János. A speciális erődítési létesítmények elektronikus berendezései elektromágneses impulzus elleni védelmének szükségessége. Műszaki Katonai Közlöny, 2004. 1–4. szám;
- [12] Зеленцов, С. А. Точное войсковое учение, Москва, 2006. p. 8. https://elbib.biblioatom.ru/text/yadernye-ispityaniya_kn2_2006/p4/ (Letöltve: 2024.5.13.);
- [13] Braun. „Standortplanung, Raumauswahl, konstruktive und funktionelle Forderungen für Schutzräume”, Institut für Aus- und Weiterbildung im Bauwesen, Leipzig, 1981.

intézetek kutatói, így a Szovjetunió Minisztertanácsa által 1953. szeptember 29-én kiadott rendeletnek megfelelően megkezdődött a felkészülés egy olyan harcászati gyakorlatra, amelynek keretében valós körülmények között tesztelhetők az ellenséges védelem nukleáris fegyverekkel történő áttörésének lehetőségét. A „Hógyolyó” (Снежок – Sznyezsok) fedőnevű hadgyakorlatra 1954. szeptember 14-én került sor az Orenburg régióbeli Tockoje (Тоцкое) falu közelében található gyakorlótéren, ahol az ezt megelőző hónapok során több száz kilométer hosszú futóárkot, védőállást, rengeteg fából és hullámacélból készült óvóhelyet, előregyártott vasbeton elemekből épített, cső alakú fedezéket ástak a talajba. Egy Tu–4-es repülőgép által 8000 méteren kioldott RDSz–3 típusú atombomba 350 m magasan, közel 40 kt hatóerővel detonált. A hadgyakorlaton szerzett eredményeket a szakemberek kielemezték, majd ezek alapján elméleti számításokat dolgoztak ki, meghatározva a különböző típusú megerősített védőlétesítmények egyes szerkezeti elemeinek atomfegyverekkel szembeni ellenálló képességét. Azonosították az „erődítmények” leggyengébb pontjait: a bejáratokat, légbeömlőket, füstnyílásokat és az elektromos vezetékeket, kommunikációs kábelek faláttöréseit, amelyeket megfelelő védőberendezésekkel (védőajtók, biztonsági szelepek, szűrők) kellett vol-

na ellátni. A Pravda 1954. szeptember 17-én megjelent számában az alábbiakat közölte: „A kutatási és kísérleti munkatervnek megfelelően az elmúlt napokban az atomfegyverek egyik fajtájának tesztelését végezték el a Szovjetunióban. A teszt célja egy atomrobbanás hatásának vizsgálata volt. A tesztelés értékes eredményeket hozott, amelyek segítenek a szovjet tudósoknak és mérnököknek sikeresen megoldani az atomtámadás elleni védelem problémáit”. [12]

A hadgyakorlat során szerzett tapasztalatok és az ezt követő években tervezett, fejlesztett szerkezetek, építési technológiák egészen az 1980-as évek közepéig meghatározták az előregyártott és a monolit típusú katonai védett létesítmények műszaki paramétereit a Szovjetunióban és a Varsói Szerződés tagországaiban egyaránt. (5. ábra)

Az eltérő funkciójú és kialakítású életvédelmi objektumokat – műszaki megoldásaikat figyelembe véve – különböző védettségi osztályokba sorolták, ami lehetővé tette azok egységes megkülönböztetését a hagyományos és tömegpusztító fegyverek védőszerkezetekre gyakorolt hatása szerint, így az adott szerkezeti elemeket, gépészeti rendszereket már a tervezési szakaszban ezek alapján méretezték. Ennek következtében hatékonyabbá váltak az egyes konstruktív megoldások, munkafolyamatok, mint például az alap építőelemek szállítása, összeszerelése, az ütközési rétegek, amortizációs platformok, bejáratok, vészkijáratok vagy faláttörések kialakításai. Az új szabványoknak köszönhetően jelentősen rövidült a műszaki rendszerek – beleértve a szükséghelyzeti energiaellátás gépészetét, a klíma- és légtechnikát, a vízellátó rendszereket, a mérő- és ellenőrző berendezéseket, diszpécserpultokat, műszereket stb. – tervezési, gyártási és összeszerelési folyamatának ideje.

A védettségi osztályba sorolás komplex műszaki tartalmat jelentett az egyes objektumok esetében, amely magába foglalja azok működőképességének fenntartását közvetlenül az ellenséges fegyver bevetésének ideje alatt, valamint az azt követő időszakban is.

(Folytatjuk)



FREY SÁNDOR*

MINTAGYŰJTÉS A HOLD TÚLSÓ OLDALÁN

ÖSSZEFOGLALÁS: A kínai holdkutató program harmadik fázisában a 2024 májusában indított Chang'e-6 űrszonda mintegy 2 kg tömegű felszíni anyagmintát hozott a Földre, még hozzá most először a Hold túlsó, a Földről nem látható oldaláról. A különleges, korábban még sosem látott minták részletes laboratóriumi elemzésétől a kutatók a Hold keletkezését és fejlődését övező rejtélyek megoldását várják. Röviden ismertetjük a Hold eddigi űrszondás kutatásának történetét, az ambíciós kínai holdprogramot, valamint beszámolunk a Chang'e-6 küldetéséről.

KULCSSZAVAK: Hold, űrkutatás, űrszonda, Chang'e-6, anyagminta-visszahozatal, Kína

ABSTRACT: In the third phase of the Chinese lunar exploration program, the Chang'e 6 spacecraft, launched in May 2024, brought a sample of surface material of nearly 2 kg to Earth. This was the first lunar sample return mission from the far side of the Moon which is not directly visible from the Earth. The detailed laboratory analysis of the unique samples is expected to solve some of the mysteries of the Moon's origin and evolution. Here we briefly describe the history of Moon exploration, the ambitious Chinese lunar program, and report on the Chang'e 6 mission.

KEYWORDS: Moon, space exploration, spacecraft, Chang'e 6, sample return, China

2024. május 3-án indult el a kínai Chang'e-6 (népszerű magyar átírásban Csang'o-6, más elterjedt formában Csang'e-6) űrszonda azzal a céllal, hogy az űrkutatás történetében először felszíni anyagmintát hozzon a Hold túlsó, a Földről közvetlenül nem látható oldaláról. [1] A fő tudományos cél a begyűjtött kőzetek részletes földi laboratóriumi elemzése, amittől jelentős új ismereteket várnak égi kísérőnk összetételével és kialakulásának történetével kapcsolatban. A kínai holdprogram legújabb állomását jelentő Chang'e-6 egyúttal azt a célt is szolgálta, hogy demonstrálják: lehetséges egy ilyen összetett űrküldetés sikeres végrehajtása. Cikkünkben röviden összefoglaljuk a Holddal kapcsolatos ismereteinket és a nyitott kérdéseket, felvázoljuk az égi kísérőnk kutatását célzó kínai űrprogramot, felidézük eddigi jelentős állomásait,

valamint szólunk a Chang'e-6 űrszonda működéséről és eredményeiről.

ISMERETLEN ISMERŐS: A HOLD

A Hold a Föld bolygó kísérője, az éjszakai égbolt legfényesebb objektuma, ezért mindannyian jól megfigyelhetjük. Kétségtelen, hogy a Nap mellett a Hold számít a legismertebb égitestnek, különleges szerepet játsza az emberiség vallás- és kultúrtörténetében. Telihold idején szabad szemmel is kivehető rajta nagyobb kiterjedésű világosabb és sötétebb foltok, és észlelhető, hogy az égitest képét mindig lényegében ugyanolyannak látjuk. (1. ábra) Ez utóbbi oka, hogy a Hold kötött keringést végez, vagyis tengely körüli forgásának periódusa pontosan megegyezik a keringésének periódusidejével (27 nap 7 óra 43,2 perc). Mindez azt jelenti, hogy a Földről nézve a Hold felszí-

nének mindig ugyanazt a nagyjából 50%-át láthatjuk. (Azért csak nagyjából, mert a Hold „billegő mozgása”, vagyis librációja miatt valójában időnként más területek is megfigyelhetők, összesen a teljes felszín mintegy 59%-a – természetesen nem egyszerre. [3]) A kötött keringésből következik, hogy a Hold túlsó, átellenes oldalát – pontosabban a felszín fennmaradó 41%-át – a Földről sohasem láthatjuk. Itt jegyezzük meg, hogy az égitest túloldalát a köznyelvben és a sajtóban szokás néha „a Hold sötét oldalaként” is említeni, ami félrevezető és ezért kerülendő. A Hold a Nap ráeső fényét veri vissza, és keringése során fázisokat mutat attól függően, hogy a Föld felé eső oldalának mekkora részét világítja meg a Nap. Teliholdat akkor látunk, amikor a Nap a teljes felénk eső holdfelszínt megvilágítja. Az ellenkező fázisban, újhold idején azonban a teljes megvilágítás éppenséggel a Hold átellenes oldalát éri, azt tehát „sötét oldalnak” nevezni nyilvánvaló tévedés.

A Föld és a Hold közös tömegközéppontjuk körül keringenek, amely egy, a Nap körüli ellipszispályát jár be. (Érdekes, hogy ez a tömegközéppont a Föld belsejében, mintegy 1700 km-rel a felszín alatt helyezkedik el.) A Föld-Hold rendszert kis túlzással akár „kettős bolygónak” is nevezhetnénk, ugyanis a Hold átmérője viszonylag nagy, a Föld átmérőjének mintegy 27%-a. A Naprendszer más bolygó-hold kapcsolataiban a kísérők a bolygókhoz képest lényegesen kisebbek. A Hold tömege csupán 1,2%-a

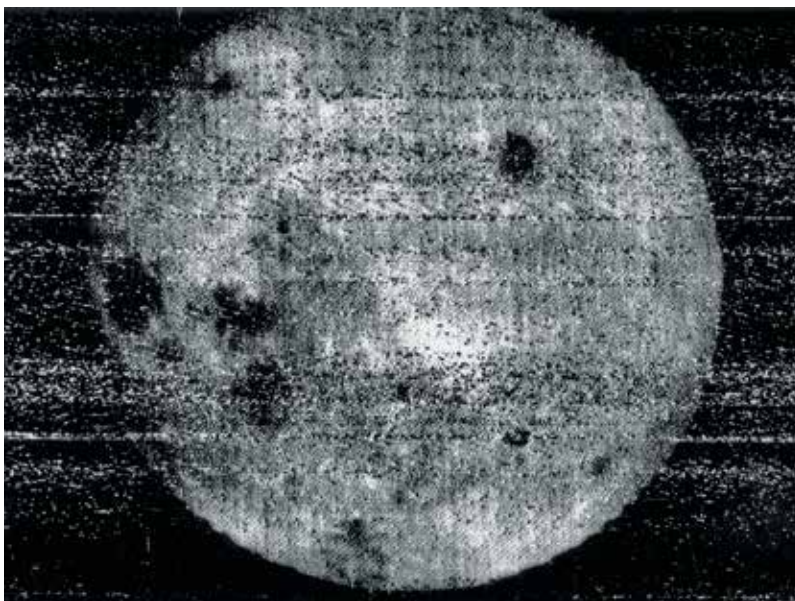
1. ÁBRA. A telihold képe távcsövön keresztül (Forrás: Lick Observatory) [2]

* PhD, tudományos főmunkatárs, HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet. ORCID: 0000-0003-3079-1889



2. ÁBRA.

A szovjet Luna-3 űrszonda 1959-ben készített fényképe először mutatta meg a Hold túlsó oldalát (Forrás: NASA NSSDC Image Catalog) [5]



a Földének, a két égitest távolsága kb. 363 ezer és 406 ezer km között változik.

Kozmikus értelemben vett közelsége ellenére a Holdról rendelkezésre álló tudományos ismereteink az űrkorszakban kezdtek igazán gyarapodni. A Hold felé indított első űrszonda, a szovjet Luna-1 1959-ben még csak elrepült az égitest mellett, de ugyanabban az évben a Luna-2 már becsapódott a felszínébe. (Az efféle becsapódás lehet szándékos is, nem feltétlenül egy baleset következménye. Nemcsak a sima leszállásokkor, de az ilyen alkalmak esetén is gyűjthetők hasznos tudományos adatok, például a kidobódó anyag színképi vizsgálatából annak összetételére, vagy a ke-

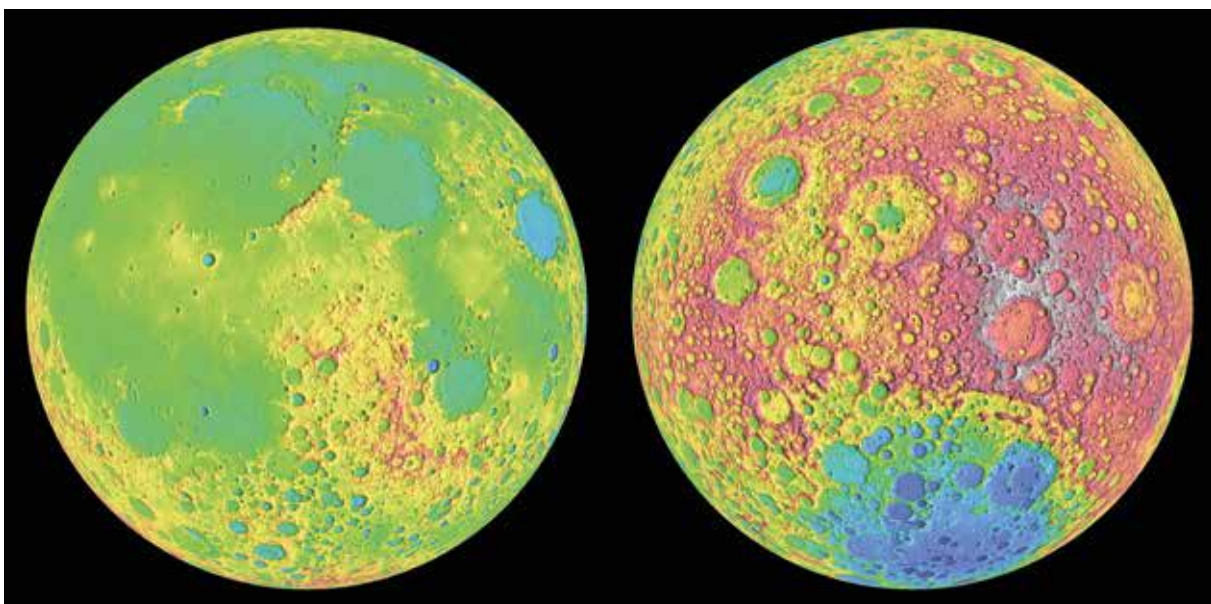
letkező kráter méretéből és alakjából a kőzet tulajdonságaira vonatkozó információ szűrhető le.) Ugyancsak 1959-ben a Luna-3 a Hold körüli elnyúlt ellipszispályáról a felszín fényképezte. A fedélzeten előhívott filmet átvilágítva letapogatták, majd rádiós úton közvetítették a Földre. [4] Ez volt az első alkalom, hogy – ha mai szemmel nézve kezdetleges minőségben is, de – az emberiség képet kaphatott a Hold túloldaláról. (2. ábra)

Néhány évvel később, 1966-ban – elsőként az űrtörténelemben – a Luna-9 sima leszállást hajtott végre a Holdon. Utána szovjet és amerikai automata űrszondák sora látogatta meg égi kísérőnket, újabban pedig Kína (2013; Chang'e-3), India (2023;

Csándráján-3, Chandrayaan-3) és Japán (2024; Smart Lander for Investigating Moon – SLIM) is belépett a Holdon sima leszállást végrehajtott űrnemzetek sorába. A Hold az egyetlen más égitest, ahová már emberek is eljutottak. Az amerikai Apollo-program keretében, 1969 és 1972 között hat alkalommal összesen 12 űrhajós hagyta lábnyomait a holdfelszín porában. [6] Az Artemis-program keretében – amerikai vezetésű nemzetközi együttműködésben – javában készülnek a Holdra történő emberes visszatérésre, várhatóan még ebben az évtizedben. Ugyanilyen célokat tűzött ki Kína is a 2030-as évek elejére.

Az Apollo-űrhajók összesen mintegy 382 kg holdkőzetet gyűjtöttek és hoztak vissza a Földre. Ennél jóval kisebb mennyiséggel (0,3 kg) három szovjet automata űrszonda is hozzájárult a gyűjtéshez. Legutóbb 2019-ben a kínai Chang'e-5 szonda mintegy 1,7 kg anyaggal tért vissza. E minták közös tulajdonsága, hogy bár különböző helyszínekről, de mind a Hold innenső oldaláról, annak is főleg az egyenlítői vidékeiről származnak. Laboratóriumi elemzésük nyomán megismerhetjük az anyag kémiai összetételét és korát. A Hold felszínét közettörmelék (regolit) borítja, ez elsősorban a meteorbombázás hatására felaprózódott, szemcseméret szempontjából tág határok között változó kőzetdarabokból áll – a milliméteresnél is apróbb porszemektől az akár több tíz méteres szikláig. [2] A Hold

3. ÁBRA. A Hold domborzati térképe az amerikai Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) űrszonda lézeres magasságmérő berendezésének (LOLA – Lunar Orbiter Laser Altimeter) mérései alapján. Balra az égitest innenső, jobbra a túlsó oldala látható. A színskála -9 km (sötétkék) és +9 km (fehér) között változik, a Hold közepes sugarához (1737,4 km) viszonyítva (Forrás: NASA) [8]



felszínét az elsősorban a Napból eredő töltött részecskék zápora és intenzív elektromágneses sugárzás is éri.

Tudományos szempontból miért izgalmas lehetőség a Hold túloldaláról származó kőzetminták elemzése? Az eddigi vizsgálatok szerint a két oldal jelentősen eltérő geológiai tulajdonságokkal rendelkezik. Míg a Hold innenső oldalán a kéreg átlagos vastagsága kb. 20–30 km, addig az átellenes oldalon ennek több mint a kétszerese. [7] Az eltérés oka ma még nem tisztázott. Ezzel összefüggésben a felszín átlagos magassága az innenső oldalon közel 2 km-rel kisebb, mint az égitestnek a Földről nem látható felén.

A legmélyebben fekvő területek mégis a Hold túlsó oldalán, annak is a déli felén találhatóak. (3. ábra) Ez a déli-sarki Aitken-medence, egy hatalmas kiterjedésű, mintegy 2500 km átmérőjű, 13 km mély becsapódásos eredetű alakzat, amely több mint 4 milliárd évvel ezelőtt keletkezett. Nem véletlenül ezt a medencét, még pontosabban a benne fekvő Apollo-krátert (43° déli szélesség, 154° nyugati hosszúság) választották a Chang'e-6 leszállóhelyéül. [9] Itt a becsapódás nyomán a felszínre kerülhetett a köpeny anyaga, így anélkül nyerhetünk bepillantást a Hold mélyébe, hogy mélyfúrásokat kellene végeznünk. A terület várhatóan változatos mintákat kínál, amelyek választ adhatnak a Hold két féltékéjének különbözőségeire vonatkozó kérdésekre. Kiderülhet többek között, hogy a Hold túlsó oldalán valóban sokkal hamarabb megszűnt-e a vulkáni tevékenység, mint az innensőn.

KÍNAI MINTAHOZÓ KÜLDETÉS – MÁSODSZOR

Kína hosszú távú holdkutató programjának első fázisában két, a Hold körüli pályán működő űrszondát indítottak. [10] A sorozat a kínai holdistenről kapta elnevezését. A Chang'e-1 2007-ben, a Chang'e-2 2010-ben indult. Feladatuk az égitest felszínének részletes, háromdimenziós feltérképezése volt, a későbbi leszállószondák küldetéseinek előkészítése érdekében. A második fázisban a leszállóegységek és a magukkal vitt holdjárművek voltak a főszerep. A Chang'e-3 2013, majd a Chang'e-4 2018 végén hajtott

végre sima leszállást a Hold felszínén (4. ábra), az előbbi az égitest Föld felőli, az utóbbi azonban – az űrkutatás történetében először – a túlsó oldalán. E cikk írásának idején (2024. május) még mindegyik leszállóegység működőképes.

A jelenleg zajló harmadik fázisban a holdi regolitból vett minták gyűjtése a cél. Az előző kínai holdszonda, a Chang'e-5 2020-ban sikeresen szállt le a geológiai értelemben véve fiatal Viharok óceánja (Oceanus Procellarum) területén, a Rümker-hegy (Mons Rümker) térségében. A starttól a visszatérésig 22 napon át zajló küldetés nyomán 1731 gramm regolittal gazdagodott a tudomány. A minták folyamatban lévő elemzése mostanra már szolgált érdekes eredményekkel, például a kőzet víztartalmára vonatkozóan. [12]



A most indított Chang'e-6 valójában az előző szonda tartalékának épült. Így a minta összegyűjtésében és Földre juttatásában is a Chang'e-5 esetén kipróbált eljárásokat alkalmazták. A jelentős nehezítés abból adódott, hogy a műveleteket – a Chang'e-4 űrtörté-

4. ÁBRA. A Hold túloldalán, a Von Kármán-kráterben landolt Chang'e-4 leszállóegységről lebocsátott Jütu-2 (Yutu-2) holdjármű (Forrás: CNSA, CLEP) [11]



5. ÁBRA. A Chang'e-6 űrszonda indítása egy Hosszú Menetelés-5 hordozórakétával a dél-kínai Hajnan (Hainan) szigetén épült Vencsang űrközpontból, 2024. május 3-án (Forrás: CNSA, Xinhua) [14]

6. ÁBRA. A Holdra 2020-ban leszállt Chang'e-5 és a 2024-ben érkezett, azonos felépítésű Chang'e-6 leszállóegység fantáziaképe (Forrás: CNSA) [16]



7. ÁBRA. A Chang'e-6 űrszonda előkészítése az indításra. A holdi leszállóegység külsejére egy kis méretű, négykerekű rover is felkerült (balra fent). Erről elsőként e fénykép alapján, már a start után értesült a nyilvánosság (Forrás: CNSA) [18]



nelmi leszálláshoz és üzemeltetéséhez hasonlóan – a Hold túlsó oldalán kellett elvégezni, ahová nincs közvetlen összelátás a földi követőállomásokról. Így előzőleg, 2024. március 20-án elindították a Hold körüli speciális pályára szánt Csüecsiao-2 (Queqiao-2) űrszondát, amelynek feladata a földi parancsok közvetítése a Hold túloldalán dolgozó űreszközkhöz, valamint

a másik irányban a holdi adatok átvitelének a Föld felé. [13] E szonda elnyúlt, 24 órás periódusú, a holdi egyenlítőhöz képest nagy hajlásszögű pályájának túlnyomó részéről mind a leszállóegységgel, mind a Földdel rádiókapcsolatot tudott tartani.

A Csüecsiao-2 relészonda legalább nyolcévesre tervezett működési élettartama – a tervek szerint – lehetővé teszi a kínai holdprogram negyedik fázisát jelentő Chang'e-7 (2026) és Chang'e-8 (2028) űrszondák kiszolgálását is. Ezek az űreszközök az égitest déli sarkvidékén szállnak majd le, hogy kutatásaikkal felférjék a felhasználható helyi erőforrásokat egy jövőbeli holdfelszíni bázis megépítéséhez. A rádiós adattovábbításra ezúttal csak viszonylag rövid időn át volt szükség, de a Csüecsiao-2 a közbeeső éveket sem tölti majd tétlenül. Fedélzetén önálló tudományos kísérleti berendezéseket helyeztek el. Működik rajta egy extrém ultraibolya tartományban érzékeny kamera, egy semleges atomokat detektáló berendezés, valamint 4,2 m átmérőjű rádióantennájával, nagyon hosszú bázisvonalú interferométeres (VLBI – very long baseline interferometry) módszerrel, földi rádióteleszkópokkal együttműködve rádiócsillagászati megfigyeléseket is szeretnének végezni. Itt említjük meg, hogy – ha addig minden a várakozásoknak megfelelően alakul – a kínai tervekben szerepel már emberek eljuttatása is a Holdra 2030 körül.

MINTAVÉTEL ÉS VISSZATÉRÉS A HOLD TÚLSÓ OLDALÁRÓL

2024. május 3-án startolt a Földről a 8,2 tonna induló tömegű Chang'e-6 (5. ábra) A Hold körüli pálya elérése (május 8.) után június 1-jén sima leszállást hajtott végre a számára kijelölt helyszínen, az Apollo-kráter déli részén. A 3,2 tonnás leszállóegység (6. ábra) számára két nap állt rendelkezésre a minta begyűjtésére. A robotkar és a 2 m-es mélységig hatoló fúró segítségével történő mintavétellel párhuzamosan az egység egyéb tudományos vizsgálatok végzését is megkezdte. Figyelemre méltó, hogy a Chang'e-6 nemzetközi együttműködésben négy berendezést is magával vitt. Ezek egyikének, a pakisztáni-kínai kooperációban készült, apró (CubeSat méretkategóriájú) ICUBE-Q szondának a feladata az égitest felszínének fényképezése a Hold körüli pályáról. A leszállószondára három európai építésű kísérleti eszköz került. Az egyik a francia DORN (Detection of Outgassing Radon), amely a Hold kergéből elsőként radon gáz mennyiségének mérésére szolgál. A svéd NILS (Negative Ions at the Lunar Surface) az Európai Űrügynökség (ESA) támogatásával készült és a holdfelszínről a napszéllel való kölcsönhatás következtében eltávozó negatív töltésű ionokat méri. Végül az olasz INRRI (INstrument for landing-Roving Laser Retroreflector Investigations) egy passzív lézerreflektor, amely lehetővé teszi a leszállószonda és a Hold körül keringő egység távolságának pontos mérését. [15]

Csak a startot követően, az űrszonda előkészítéséről utólag nyilvánosságra hozott egyik képről derült ki, hogy az előző mintahozó szondával ellentétben, a Chang'e-6 egy kis holdjárművet (rovert) is magával vitt a Hold felszínére. (7. ábra) [17] Mint később nyilvánvalóvá vált, az autonóm holdjáró egyik fő feladata látványos fényképek készítése volt a mintát vevő leszállóegységről, külső nézőpontból. (8. ábra)

A 700 kg-os, a Holdról történő leszállásra tervezett egység – benne az értékes mintákkal – június 3-án indult vissza az égitest körüli pályára, ahol automatikus megközelítés után, alig több mint három nappal később

összekapcsolódott a keringőegység-gel. Maga az anyagminta átkerült a földi leszállótartályba, amely később, a Föld közelébe való visszajutáskor levált, majd június 25-én Kína északi részén, Belső-Mongólia Autonóm Területen landolt. A mintát hővédő pajzs óvta a sűrű légkörön történő áthaladásakor fellépő hőhatástól, majd a leszállás utolsó fázisában ejtőernyős fékezés segítette a zuhanó tartály lassulását. Az első jelentések szerint sikerült összegyűjteni a remélt közel 2 kg anyagot; a Földre szállított minta pontos tömege 1935,3 gramm. [20]

A tartály felnyitását követően a Hold túlsó oldaláról nyert, mindedig páratlan felszíni és felszínközeli anyagmintákat először kínai kutatóintézetek munkatársai veszik majd górcső alá. Később – ahogyan az a Chang'e-5 mintái esetében is történt – várhatóan külföldi intézmények is kaphatnak a holdi anyagból, tudományos együttműködési megállapodások keretében. A Chang'e-5 mintáinak megszerzése érdekében, 2023-ban külön kongresszusi engedéllyel a NASA támogatásával dolgozó amerikai kutatók is pályázatot nyújthattak be a kínai űrgyűjtőegységhez (CNSA – China National Space Administration). Ez azért jelentős fegyvertény, mert az Amerikai Egyesült Államokban, az űrkutatás területén a NASA számára általában tilos szövetségi forrásokat és létesítményeket használni bilaterális kínai-amerikai együttműködés céljára. [21] Az egyedi kivételezés annak az egyértelmű jele, hogy a kínai holdi minták igen érdekesek lehetnek tudományos és gyakorlati szempontból is abban az időszakban, amikor általában véve fellendülőben van a Hold kutatása, küszöbön áll az emberes holdutazások felújítása, és kicsit hosszabb távon lakható holdi bázisok megépítését tervezik.

KÍNAI ŰRTERVEK

Kína holdkutató programjának következő lépéseit, a Chang'e-7 (2026) és Chang'e-8 (2028) leszállószondákat fentebb már említettük, ahogy a 2030-ra remélt első kínai emberes holdszállást is, két űrhajóssal. A kisebb távlatibb tervekben, a következő



8. ÁBRA. A Chang'e-6 holdjárműve, miután eltávolodott a leszállóegységtől, fényképezte a mintavételező űrszondát és robotkarját (Forrás: CNSA) [19]

évtized közepe tájára egy nemzetközi holdi kutatóállomás (ILRS – International Lunar Research Station) megépítése szerepel az égitest déli pólusa közelében. [22] A 2021-ben meghirdetett ILRS program az amerikai vezetésű Artemis alternatívájaként, orosz partnerségben készül. 2024 júniusáig Azerbajdzsántól Szerbián át Venezueláig már kilenc másik állam csatlakozott hivatalosan a kezdeményezéshez, bár a fel-

sorolt országok nem tartoznak a jelentős űrkutatási potenciállal rendelkező nemzetek közé. A Chang'e küldetések kétségtelenül nem csupán önálló tudományos célokkal, hanem a Hold körüli és holdfelszíni műveletek begyakorlását, az égitest további kutatását, s nem utolsósorban a holdi nyersanyagok esetleges jövőbeli hasznosítását szem előtt tartva zajlottak, illetve zajlanak. ■

HIVATKOZÁSOK

- [1] Jones, A. (2024) China launches Chang'e-6 mission to collect first samples from the moon's far side. <https://spacenews.com/china-launches-change-6-mission-to-collect-first-samples-from-the-moons-far-side/> (Letöltve: 2024.5.9.);
- [2] <https://esahubble.org/images/opo9914d/> (Letöltve: 2024.5.9.);
- [3] Marik, M. (szerk.) (1989) Csillagászat. Akadémiai Kiadó, Budapest, ISBN 963-054-657-4;
- [4] Horváth, A., Szabó, A. (2008) Űrkorszak. Ekren Kiadó, Budapest, ISBN 978-963-875-654-1;
- [5] https://nssdc.gsfc.nasa.gov/imgcat/html/mission_page/EM_Luna_3_page1.html (Letöltve: 2024.6.28.);
- [6] Salkow, H., Murray, P. (2009) Ember a Holdon. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, ISBN 978-963-196-418-9;
- [7] Quillen, A. C., Martini, L., Nakajima, M. (2019) Near/far side asymmetry in the tidally heated Moon. *Icarus*, Vol. 329, pp. 182–196. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2019.04.010>;
- [8] <https://svs.gsfc.nasa.gov/3730/> (Letöltve: 2024.5.9.);
- [9] Zeng X., Liu D., Chen, Y., et al. (2023) Landing site of the Chang'e-6 lunar farside sample return mission from the Apollo basin. *Nature Astronomy*, Vol. 7, pp. 1188–1197. <https://doi.org/10.1038/s41550-023-02038-1>;
- [10] Zheng, Y., Ouyang, Z., Li, C., Liu, J., Zou, Y. (2008) China's Lunar Exploration Program: Present and future. *Planetary and Space Science*, Vol. 56, pp. 881–886. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2008.01.002>;
- [11] <https://www.cnsa.gov.cn/n6758823/n6758842/c6805175/part/6780101.jpg> (Letöltve: 2024.5.9.);
- [12] Liu, J., Liu, B., Ren, X., et al. (2022) Evidence of water on the lunar surface from Chang'e-5 in-situ spectra and returned samples. *Nature Communications*, Vol. 13, id. 3119, <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30807-5>;
- [13] Jones, A. (2024) China launches Queqiao-2 relay satellite to support moon missions. <https://spacenews.com/china-launches-queqiao-2-relay-satellite-to-support-moon-missions/> (Letöltve: 2024.5.9.);
- [14] <https://english.news.cn/>;
- [15] Chang'e-6, collecting the first lunar farside samples. Planetary Society. <https://www.planetary.org/spacemissions/change-6-collecting-the-first-lunar-farside-samples> (Letöltve: 2024.5.9.);
- [16] https://planetary.s3.amazonaws.com/web/assets/pictures/_1200x630_crop_center-center_82_none/change-5-artists-concept.jpg (Letöltve: 2024.5.9.);
- [17] Jones, A. (2024) Chang'e-6 enters lunar orbit ahead of far side landing attempt. <https://spacenews.com/change-6-enters-lunar-orbit-ahead-of-far-side-landing-attempt/> (Letöltve: 2024.5.9.);
- [18] <https://pbs.twimg.com/media/GM4dOI0bYAAAY34T?format=jpg&name=large> (Letöltve: 2024.5.9.);
- [19] <http://english.news.cn/20240604/fe698bb5864c4972bea96def851fb309/c.html> (Letöltve: 2024.6.28.);
- [20] <https://english.news.cn/20240628/65f7d354ed2f4a64b45f4aaafbb6b7c5/c.html> (Letöltve: 2024.6.28.);
- [21] Both, E. (2023) Rendkívüli engedély. Űrvilág, https://www.urvilag.hu/tavoli_vilagok_kutato/20231218-rendkivuli_engedely (Letöltve: 2024.5.9.);
- [22] Jones, A. (2024) China seeks its own Apollo moment – and more. <https://spacenews.com/china-seeks-its-own-apollo-moment-and-more/> (Letöltve: 2024.6.28.).

KVANTUMKOMMUNIKÁCIÓN ALAPULÓ MŰHOLDAS MEGOLDÁSOK

ÖSSZEFOGLALÁS: A kvantumfizikai elveken működő kvantumkommunikáció számos érdekes megoldást kínál. Az Einstein is meglepő összefonódás jelenségét felhasználva kvantuminternetet tudunk létrehozni, a fotonforrások működési elvét kihasználva igazi véletlenszámokat tudunk előállítani, míg a kvantumfizika törvényeire alapozva olyan kvantumos kulcskerelő berendezéseket tudunk építeni, amelyek jelentősen megnövelik a különböző titkosító rendszereink biztonsági szintjét. Nem meglepő, hogy 2022-ben a fizikai Nobel-díjat többek között kvantumkommunikációval foglalkozó fizikus kapta, ahogy az sem, hogy Európában 2019-ben megkezdődött egy európai szintű kvantumkommunikációs infrastruktúra kiépítése. Tanulmányunkban bemutatjuk a kvantumkommunikáció legfontosabb jellemzőit, ismertetünk néhány fontos hazai fejlesztési eredményt, és kitérünk a műholdas világ nyújtotta lehetőségekre is.

KULCSSZAVAK: kvantuminformatika, kvantumkommunikáció, kvantummemória, kvantumalapú kulcsere, kvantuminternet

ABSTRACT: Quantum communication, based on quantum physics principles, offers several amazing solutions. We can use the phenomenon of entanglement, which surprised even Einstein, to create the quantum internet. We can exploit the principle of photon sources to generate true random numbers, while quantum physics laws can be used to build quantum key distribution devices that significantly increase the security level of our existing encryption systems. It is no coincidence that one of the recipients of the 2022 Nobel Prize in Physics was a physicist working on quantum communications, nor that the European Commission announced the development of an European quantum communication infrastructure in 2019. In this article, we present the key features of quantum communications, highlight the Hungarian development in this field and introduces the opportunities offered by quantum communication satellites.

KEYWORDS: quantum computing, quantum communication, quantum memory, quantum key distribution, quantum internet

KVANTUMFORRADALOM A KLASSZIKUS VILÁGBAN

Manapság egyre több helyen hallhatunk a kvantummechanika alapjaira épülő kvantumérzékelés, kvantuminformatika, kvantumkommunikáció és kvantumszimuláció világáról. A második kvantumforradalomban élünk, amelynek fókuszában az említett tudományterületek klasszikus világunkba való kiépítése áll. [1] A kvantumszámítógépek világában a kvantummechanikai szempontból fontosabb atomok világa kerül előtérbe (például az alkálifémek, alkáliföldfémek), ugyanakkor a kvantumkommunikációs fejlesztésekben a fotonalapú technológiák kap-

nak nagyobb hangsúlyt. [2] A jövőbeni globális kvantumhálózat egyik technológiai kihívása, hogy ezeket a területeket együttesen felhasználjuk (például kvantummemóriák fejlesztéséhez). [3]

A kvantuminformatika alapegysége a kvantumbit. Egy hagyományos bit (amit a mi nézőpontunkból klasszikusnak nevezünk) 0 vagy 1 értéket vehet fel, ezzel ellentétben a kvantumbit egyszerre tud 0 és 1 értékkel rendelkezni, kihasználva a szuperpozíció jelenségét. Fizikai rendszerekben ilyen kétállapotú rendszer lehet a foton polarizációja, illetve bizonyos atomok magspinjei vagy elektronspinjei

is. A szuperpozíciós tulajdonság teszi lehetővé, hogy olyan kvantumalgoritmusokat alkossunk, amelyek sokkal gyorsabbak, mint a hagyományos algoritmusok. [4]

Egy másik fontos kvantummechanikai jelenség az összefonódás, amikor két kvantumbit mérési eredménye korrelál egymáshoz – erről részletesen a következő fejezetben lesz szó.

Mind a szuperpozíciót, az összefonódást, valamint további kvantumfizikai törvényszerűségeket is fel tudjuk használni ahhoz, hogy különböző kvantumhálózatokat hozzunk létre.

NOBEL-DÍJAS ÖSSZEFONÓDÁS

A kvantuminformatika alapegységét jelentő kvantumbit állapotát többféle módszerrel írhatjuk le. Jelen cikkben erre két megoldást mutatunk: a Dirac-féle jelölést és a Bloch-gömbön történő megadást.

Az 1. ábrán a Bloch-gömb¹ segítségével szemléltetjük a kvantuminformatika I. posztulátumát, amely megadja a kvantumbit definícióját: egy rendszer aktuális állapota leírható a Hilbert-térben² értelmezett egységnyi hosszúságú bázisvektorok lineáris kombinációjaként. [5]

Ha a Bloch-gömbről leolvassuk szeretnénk megadni a kvantumbit állapotvektorát, akkor azt az alábbi módon tudjuk definiálni [5]:

$$|\psi\rangle = e^{i\alpha}[\cos(\pi/2)|0\rangle + e^{i\beta}\sin(\pi/2)|1\rangle]$$

ahol $\alpha, \beta, \gamma \in \mathbb{R}$

Ha a Dirac-féle³ jelölési módszert választjuk, akkor pedig így lehet megadni [5]:

$$|\psi\rangle = a|0\rangle + b|1\rangle \text{ ahol } a, b \in \mathbb{C} \text{ és } |a|^2 + |b|^2 = 1$$

* PhD, egyetemi docens, a BME Mobil Kommunikáció és Kvantumtechnológiák Laboratórium vezetője, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kar Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék. ORCID: 0000-0002-7337-317X
 ** Űrmérnök, doktorandusz hallgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kar. ORCID: 0009-0003-1171-1553

¹ A kvantummechanikában és a számítástechnikában a Bloch-gömb egy kétszintű kvantummechanikai rendszer (qubit) tiszta állapotterének geometriai ábrázolása. Névadója Felix Bloch svájci fizikus (Zürich, 1905. 10. 23. – Zürich, 1983. 09. 10.).
² A Hilbert-tér olyan skalárszorozatos vektortér, amely teljes a skalárszorozat által definiált normára nézve. A Hilbert-tereket a funkcionálanalízis tanulmányozza. Névadója David Hilbert német matematikus (Königsberg, 1862. 01. 23. – Göttingen, 1943. 02. 14.).
³ A jelölést Paul Adrien Maurice Dirac brit Nobel-díjas fizikus (Bristol, 1902. 08. 08. – Tallahassee, 1984. 10. 20.) vezette be.



Utóbbi felírásban az a és b értékeket komplex valószínűségi amplitúdóknak nevezzük, ezek abszolútérték négyzete határozza meg, hogy az adott kvantumbit melyik állapotba ugrik be, amikor mérést hajtunk végre rajta. Ahogy a leírásból is látható, az, hogy a kvantumbit kiolvasásakor a mérőberendezésünk nullás vagy egyes értékét mutat, valószínűségi alapon dől el – emiatt a kvantumvilág alapjaiban különbözik a klasszikus világtól.

A több kvantumbitből álló rendszert kvantumregiszternek nevezzük, amelynek állapotát a tenzorszorzás műveletével kapjuk meg az alapállapotokból. S ezzel el is jutottunk az összefonódás definíciójáig. Vannak olyan összetett állapotok, amelyeket fel tudunk írni két (vagy több) kvantumbit tenzorszorzataként: ezek az ún. szorzatállapotok. S vannak olyan állapotok, amelyeket nem tudunk ilyen módon felírni: ezek az összefonódott állapotok. [6]

Mit is jelent ez a gyakorlatban? Ha veszünk egy összefonódott kvantumbitet, és a pár egyik tagját elküldjük az Antarktiszra, a másikat pedig az Északi-sarkra, majd megmérjük az egyiket, akkor abban a pillanatban a másik kvantumbit állapota is bebillen.

Ennél a pontnál az érdeklődő olvasóban felmerülhet a kérdés: képesek vagyunk a fénysebességnél gyorsabban kommunikálni? A válasz: nem. Ugyanis a mérés eredménye teljesen véletlenszerű, azaz semmilyen módon nem tudjuk befolyásolni, hogy az Északi-sarkon 0 vagy 1 értéket mérünk, így információt nem tudunk vele továbbítani. De abban biztosak lehetünk, ha az Északi-sarkon nullát mérünk, akkor tudjuk, mi az érték az Antarktiszon.

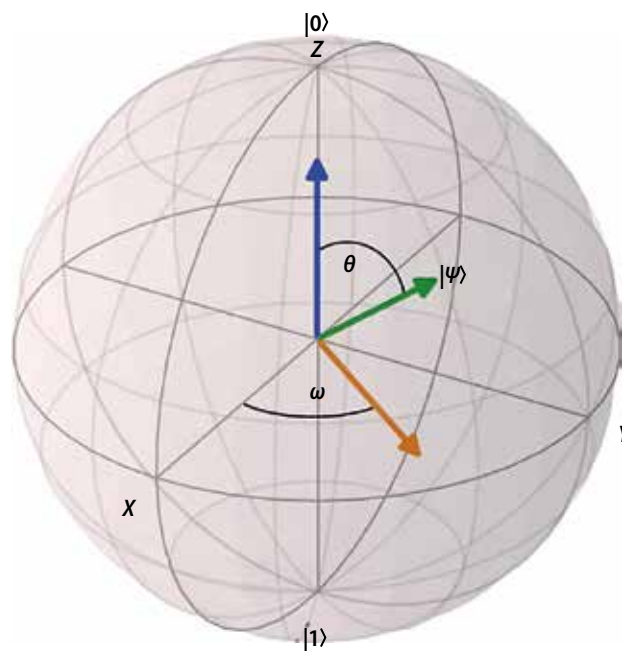
Ugyanezt a kérdést tette fel magának Albert Einstein is, aki szerint a valószínűség-alapú állapotleírás nem illik a kvantumfizikába. Úgy gondolta,

hogy a mérés előtt már meghatározott minden egyes összefonódott kvantumbit állapota, egyfajta rejtett változóba tárolva. 1935-ben megszületett az EPR-paradoxon (Einstein–Podolsky–Rosen), amely azt is magában foglalja, hogy a Heisenberg-féle bizonytalansági elvet nem sértve képesek vagyunk a távolhatás jelenségére, miszerint egyik összefonódott részecske helyzetéből (vagy impulzusából) meghatározható a pár másik tagjának helyzete (vagy impulzusa).⁴ Érdemes megjegyezni, hogy az EPR-paradoxonban az összefonódást részecskékre nézték, de David Bohm⁵ kifejtette spinekre nézve, amely a későbbiekben hozzájárult a terület teljesebb vizsgálatához. Ez a jelenség azonban megcáfolja a klasszikus értelemben vett lokalitás fogalmát, amely kimondja, hogy két egymástól távoli részecske egymás állapotaira nem hat. [7]

John Bell⁶ is vizsgálta az EPR-paradoxon lokalitását. 1964-ben bevezette a később róla elnevezett Bell-egyenlőtlenség fogalmát, amelyen a rejtett változó lokalitásának matematikai korlátját értjük. A Bell-egyenlőtlenségek igazolására számos módszert dolgoztak ki, erre egyik példa a Clauser–Horne–Shimony–Hold egyenlőtlenség⁷ [8], a legelső sikeres mérést pedig az 1980-as évek elején hajtották végre. Az összefonódás egy igazán fontos összetevővé vált, annyira, hogy 2022-ben fizikai Nobel-díjjal ismerték el Alain Aspect, John Clauser és Anton Zeilinger kvantumfizikai tevékenységeit⁸ – mindannyiuk munkássága kapcsolódik a Bell-egyenlőtlenséghez és az összefonódáshoz. [9]

KVANTUMALAPÚ KULCSSZÉTOSZTÁS

A kvantuminformatikai elveken működő kvantumszámítógép segítségével gyorsan tudunk majd szimulálni különböző összetett rendszereket és hatékonyan tudunk megoldani különböző optimalizációs problémákat.



1. ÁBRA. Kvantumbit szemléltetése Bloch-gömbbel (A szerzők saját szerkesztése)

Sajnos azonban a kvantumszámítógép olyan feladatokat is gyorsan végre tud hajtani, amelyek veszélyt jelentenek a biztonságra. Napjainkban a kommunikációnk titkosítását legnagyobb részben az úgynevezett aszimmetrikus kulcsú kriptográfia biztosítja. Ennek során nyilvános (bárki által megismerhető) kulcsokat és titkos (csak általunk ismert) kulcsokat használunk. A rendszer biztonsága abban rejlik, a nyilvános kulcsból a titkos kulcs kiszámítása egy nagyon időigényes feladat. A kvantumszámítógép megjelenésével azonban a kommunikációnál használt biztonságtechnikai protokolljaink már nem lesznek elegendők. Ráadásul nem csak a titkosított adatokat tudjuk feltörni, hanem a digitális aláírásokat és az azokon alapuló tanúsítványokat is.

Szerencsére vannak olyan matematikai algoritmusok, amelyek a kvantumszámítógép támadásainak is ellenállnak. Ilyen például a szimmetrikus kulcsú algoritmusok körébe tartozó One-time pad. [10] (A szimmetrikus kulcsú titkosítás során ugyanazt a kulcsot használjuk az adatok kódolásához és dekódolásához.) A One-time pad

⁴ A paradoxont Albert Einstein, Boris Podolsky és Nathan Rosen publikálta 1935-ben.

⁵ Bohm, David Joseph (Wilkes-Barre, 1917. 12. 20. – London, 1992. 10. 27.) apai ágról magyar származású kvantumfizikus, jelentős eredményeket ért el az elméleti fizikában, a filozófiában, a neuropszichológiában és részt vett az ún. Manhattan-tervben is.

⁶ Bell, John Stewart (Belfast, 1928. 06. 28. – Genf, 1990. 10. 01.) északír fizikus 1964-ben kidolgozta a kvantumfizika egyik fontos tételét a rejtett változós elméletekkel kapcsolatban.

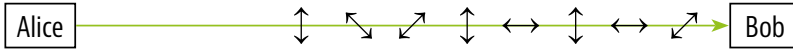
⁷ A CHSH egyenlőtlenség lehetőséget biztosít a kvantumrendszerek közötti összefonódások tesztelésére és meghatározására.

⁸ Aspect francia, Clauser amerikai és Zeilinger osztrák kutató külön-külön olyan úttörő kísérleteket folytattak összefonódott kvantumállapotok felvonultatásával, amelyekben két különálló részecske úgy viselkedett, mintha egy egység lenne, még akkor is, ha el voltak választva egymástól.

2. ÁBRA.
BB84 protokoll
(A szerzők saját
szerkesztése)

Bázis	0	1
É-D, K-Ny	↔	↕
ÉK-DNy, ÉNy-DK	↗	↘

Bázis	↕	+
	↗	×



Átküldendő bitek (Alice)	1	1	0	1	0	1	0	0
Bázis (Bob)	+	+	×	×	+	×	+	×
Találatok (Bob)	1	0	0	0	0	0	0	0
Kulcsbitek (Bob)	0	-	0	-	0	-	0	0

biztonságosnak tekinthető, ha a szimmetrikus kulcs hossza és a küldendő üzenet hossza azonos nagyságú, továbbá egy kulcsot csak egyszer használunk fel. A kérdés csupán az, hogyan osztoznak meg a kommunikáló felek a titkosításhoz használt kulcson. Erre kínál megoldást a kvantumalapú kulcsszétosztás (Quantum Key Distribution – QKD).

A QKD-alapú protokollokat többféle módon is tudjuk csoportosítani, generációk szerint kettőt különböztetünk meg. [11] Az első generációba tartoznak a fotonrészesce tulajdonságát kihasználó, úgynevezett diszkrét változójú protokollok (Discrete Variable QKD – DV-QKD). A második generáció a fény hullám-tulajdonságát használja ki, ezt folytonos változójú QKD-nak (Continuous Variable QKD – CV-QKD) nevezzük.

A legelső QKD-protokollt, a BB84-et Charles Bennett és Gilles Brassard publikálta 1984-ben. [12] A 2. ábrán látható a protokoll működésének vázolata, ahol Alice a küldő fél, Bob pedig a vevő.

Elsőként a küldő véletlenszerűen sorsol 0-ból és 1-esből álló bitsorozatot: ez fogja meghatározni a kódolás bázisát. Előállít egy második véletlen bitsorozatot is, amely tartalmazza a fogadó fél számára küldendő kulcsbiteket. A 2. ábrán a zöld nyíl jelenti a kvantumcsatornát, amelyen átküldi a vevőnek a kulcsbiteket, valamilyen bázisba kódolva.

A protokoll kétféle kódolási és mérési bázist használ. A könnyebb megértés érdekében – a példa kedvéért – bevezetjük az égtájakat mint bázisirányítottságokat. Tehát az egyik észak-dél és kelet-nyugat irányú ortogonális

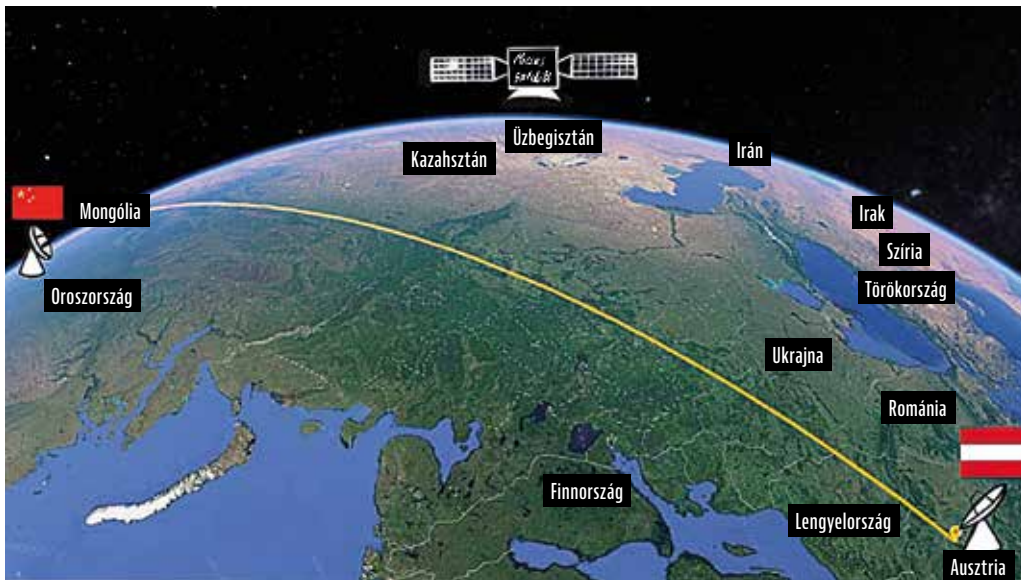
(azaz egymásra merőleges) bázisok. Míg a másik ettől 45°-kal elforgatott (ÉK-DNy, ÉNy-DK), szintén ortogonális bázis.

A zöld nyíl láthatóak a küldő bázishelyes bitjei, amelyek megfelelnek a táblázat első sorában látható a 0 és 1-gyel leírt átküldendő bitsorozatnak. A vevő azonban nem tudja, milyen bázisban küldte az adó a jeleket. Ezért véletlenszerűen sorsolja a saját mérőbázisát, amelyben elvégzi a beérkezett kvantumbitek mérését. Ezt követően a vevő oldal klasszikus csatornán keresztül megbeszéli a küldő oldallal, mely mérési bázisok voltak azonosak. Ahol ugyanis a kódolási és a mérési bázis megegyezett, ott a vevő helyesen tudta megmérni az átvitt bitsorozatot, ezért ezeket fogják felhasználni ahhoz, hogy szimmetrikus kriptográfiában alkalmazható kulcsot készítsenek.

KVANTUMKOMMUNIKÁCIÓS MŰHOLDOK A LÁTHATÁRON

A kvantumcsatorna mint közvetítő közeg lehet optikai szál vagy szabadterei csatorna – utóbbi esetben akár műholdas konstelláció is. Bár már számos gyártó kínál kereskedelmi forgalomban vezetékess környezetben használható QKD-berendezést, sajnos a kvantumfizika „nincs másolás tétele” miatt a nagy távolságok leküzdése jelentős kihívás. Hagyományos értelemben vett erősítőt nem tudunk építeni a kvantumos rendszerek számára, így az üvegszál csillapítása nagy távolság esetén egyáltalán nem elhanyagolható. A vezetékess világban emiatt jelenleg csak pont-pont rendszereket tudunk kiépíteni, amely azt jelenti, hogy bizonyos távolságonként megbízható csomópontnak tekintett eszközöket kell elhelyezni. Ha szeretnénk mondjuk a Budapest–Miskolc közötti nagyszágrendileg 200 kilométeres távolságot lefedni, akkor elképzelhető, hogy ahhoz 50 kilométerenként kellene elhelyezni vezetékess QKD-eszközpárokat, azaz a távolságot csak 4 darab eszközpár felhasználásával tudnánk áthidalni. Nem véletlen, hogy nagy távolságú összeköttetések megvalósításához sokan foglalkoznak szabadterei, illetve műholdas rendszerek vizsgálatával.

3. ÁBRA. A Micius műhold és vevőállomásai az osztrák-kínai kísérletben (A szerzők saját szerkesztése)



1991-ben már 30 centiméteres távolságon hajtottak végre szabadtéri kulcskerést, 1998-ban a Los Alamos Nemzeti Laboratórium munkatársai sikeresen tesztelték 1 kilométeres szabadtéri kvantumkulcselosztó rendszerüket, majd ezt a távolságot 2002-re 10 kilométerre növelték. [13] Európai kutatók 2006-ban már 144 kilométeres távolságban demonstrálták a szabadtéri kulcsszétosztás működőképességét a Kanári-szigeteken. [14] 10 évvel később, 2016-ban Kína felbocsátotta a Micius műholdat, a világ első kvantumkommunikációs műholdját, amely 635 kilogramm tömegű és 500 kilométeres magasságban, napszinkron pályán kering. [15] Különböző kvantumtechnológiai tudományos kísérletek elvégzésén túl, számos módon demonstrálták a műholdas kvantumkommunikáció működőképességét, többek között a 3. ábrán látható Bécs–Peking közötti szakaszon is, ahol kvantumkulcsokkal titkosított videókonferenciahívás is történt. [16]

2019-ben felbocsátották a 2,6 kg tömegű, 3U Cubesat kategóriájú, szingapúri SpooQy-1 kisműholdat. (A 3U egy 30×10×10 cm-es hasábot jelent). A műhold fedélzetén hoztak létre polarizációval összefonódott kvantumbitpárokat, amelyeket detektormodullal meg is mértek, mindezt 408 km magas Föld körüli pályán keringve. Ezzel a misszióval egy újabb lépéssel közelebb kerültünk a kisműholdalapú kvantuminternet kiépítéséhez. [17]

Az Európai Unió felkérésére az Európai Űrügynökség (European Space Agency – ESA) fejleszt az Eagle-1 műholdat, amely majd alacsony Föld körüli pályán keringve tud szerepet vállalni a kvantumkommunikáció globalizációjában.

ÉPÜLŐ EURÓPAI KVANTUMKOMMUNIKÁCIÓS HÁLÓZAT

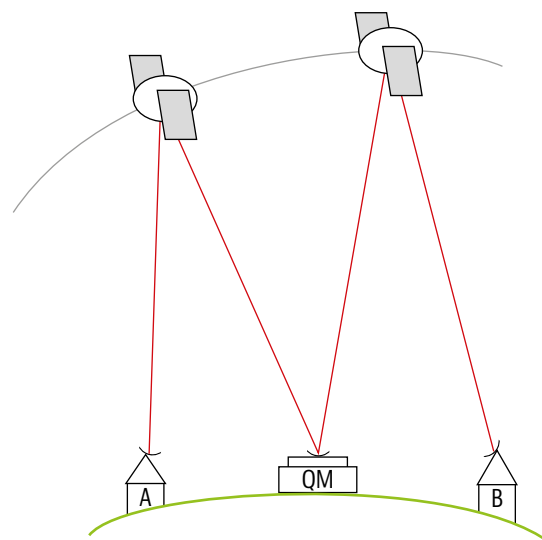
Bár a kvantummechanika Európában született, a második kvantumtechnológiai forradalomban sajnos kontinensünk lemaradt. Ezt felismerve 2016-ban hirdették meg a Quantum Manifestót, azt a kiáltványt, amelyben négy területen – kvantumszámítógép, kvantumkommunikáció, kvantumszimuláció és kvantumszenzorok – je-

lölték ki az európai fejlesztési irányokat. [18] A négy irányhoz kapcsolódóan 2018-ban indult el az európai kvantumtechnológiai flagship projekt (Quantum Technologies Flagship), majd 2019 júniusában meghirdették az Európai Kvantumkommunikációs Infrastruktúra kezdeményezést (European Quantum Communications Infrastructure – EuroQCI), amelyhez Magyarország már 2019 júliusában csatlakozott. Hosszú előkészítő tevékenységet követően 2023 januárjában indultak el az Európai Unió tagállamaiban különböző nemzeti projektek, ezzel párhuzamosan pedig egy európai szintű kvantumkommunikációs rendszer tervezése is zajlik, amelynek földi (optikai szál) szegmense mellett, műholdra alapozott űrsegmense is lesz.

MŰHOLDAS KVANTUMINTERNET

A gyorsan fejlődő kvantumkommunikáció egyik fő hajtóereje a klasszikus rendszerek biztonsági szintjének növelése. Ugyanakkor ez csak az első lépés. Világszerte sokakat foglalkoztat a kvantuminternet kiépítése. [19] Azonban számos kihívással kell szembenéznünk, ha klasszikus bitjeinket felváltja a kvantumbit, amely igen érzékeny a környezeti hatásokra. A környezettel való összefonódás, azaz a dekoherencia miatt a kvantumbit állapota könnyen megsérül, ami a kvantuminformáció veszteséhez vezet. A globális kommunikációnál nehezebb tényező, hogy a kvantumbit állapotát nagy távolságokon keresztül meg kell őrizni, és továbbítani a kommunikáló felek között.

Ahhoz, hogy a jövő kvantuminternetén nagy távolságokon keresztül képesek legyünk kvantuminformációt küldeni, szükségünk van kvantummemóriára. Ennek fő feladata, hogy a beérkezett kvantumbitet nagy hatékonysággal beírja a memóriába, majd adott idő múlva szintén nagy hatékonysággal kiolvassa ugyanazt a kvantumbit állapotot, és továbbküldje a vevő felé. Ennek egyik legnagyobb kihívása, hogy a beérkezett kvantumbit állapotát nem mérheti meg, mert akkor a kvantumbit bebillen egyik állapotba, és egy klasszikus információt hordozó rendszerre alakul. Sokféle kvantummemória-implementációs kísérlet zaj-

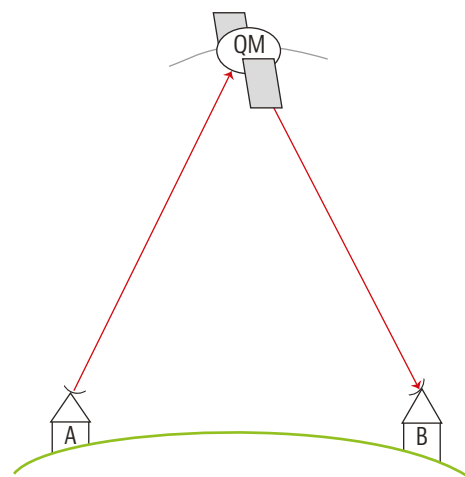


lik világszerte, ahol fő szempont a minél hosszabb koherenciaidő (azaz időmennyiség, ameddig képesek vagyunk a kvantumbit állapotát változtatlanul megőrizni) elérése, illetve minél nagyobb hűséggel tudjuk tartani a beérkező kvantumállapotot. [20] A további kihívások között a miniatürizálás szerepel, hiszen a cél, hogy könnyű, kisebb műholdakra is szerelhetővé váljon a technológia [21], illetve a felbocsátás során a mechanikai rezgésekkel szemben is nagy hibátűrőképességgel rendelkezzen. [22]

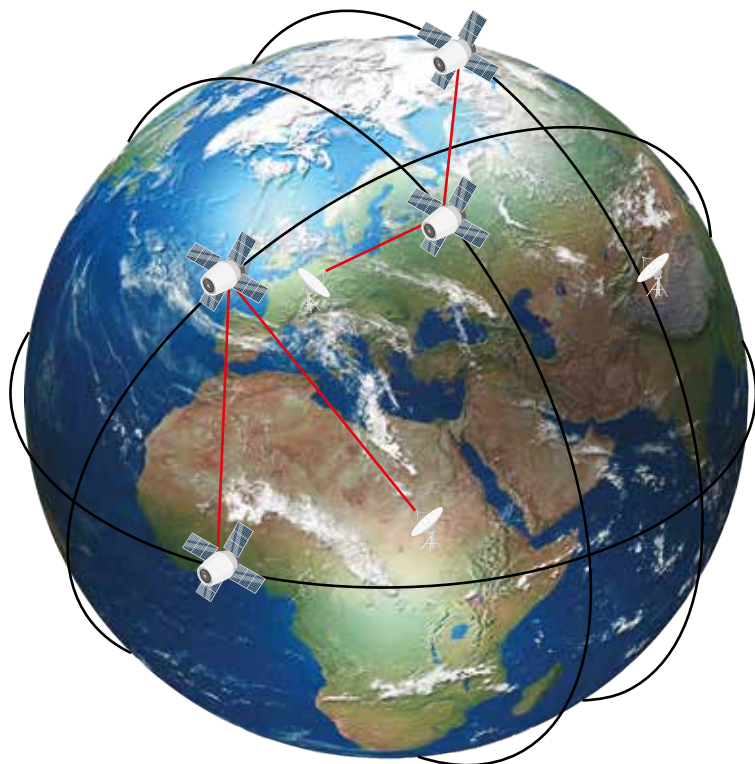
Jelen pillanatban többféle architektúráis elképzelés is létezik a műholdas kvantuminternettel kapcsolatban. Az egyik elv a 4. ábrán látható, ahol a kvantummemória (QM) a Földön helyezkedik el, rögzített helyzettel. Alice (A) kvantuminformációt küld Bobnak (B), de a nagy távolság leküzdése érdekében elsőként egy, a műholdon található kvantumjelismétlőnek (Quantum Repeater) sugározza fel a jelet,

4. ÁBRA. Földre telepített kvantummemória-alapú kvantumhálózat (A szerzők saját szerkesztése)

5. ÁBRA. Műholdas kvantummemória-alapú kvantumhálózat (A szerzők saját szerkesztése)



6. ÁBRA.
Kvantummémória-alapú
műholdas konstelláció
(A szerzők saját
szerkesztése)



amely – átjátszó állomásként – rögtön tovább is adja a kvantumbitet a földi kvantummémóriának. Adott idő után a tárolt állapotot visszaküldi ugyanannak a műholdnak, ami azonnal tovább küldi Bobnak. Ennek egyik nagy előnye, hogy nagy távolságokat le tudunk fedni. Az eljárásnak azonban komoly ára van: ahogy a 4. ábra is mutatja, a kvantumbitnek négyszer is szembe kell néznie az atmoszférikus hatásokkal, amelyek miatt a jel-zaj viszony romlik.

Erre a problémára az 5. ábrán látható elrendezés adhat megoldást. Ha a kvantummémóriát műholdas rendszerre építjük ki, akkor a kvantumbit atmoszférikus hatásoknak csupán csak kétszer van kitéve, azaz felére csökkentettük az ebből eredő dekoherencia mértékét.

Azonban még ez sem mondható teljesen tökéletes megoldásnak, hi-

szén egy műholddal egyszerre két, egymástól távol lévő vevőállomást belátni nehéz technológiai feladat. Ezért érdemes elgondolkozni a kvantummémória-alapú műholdas konstellációban, ahol a memóriák egymás között kis veszteséggel kommunikálnak (hiszen az űrben már nincs atmoszférikus hatás), ezzel megnövelhetik a rendszer együttes koherenciaidejét, így nagyobb távolságokat is képesek lefedni. Ez a rendszerstruktúra látható a 6. ábrán.

HAZAI FEJLESZTÉSEK

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen több mint 20 éve foglalkozunk kvantuminformatikával és kvantumkommunikációval kapcsolatos kutatással, és 2012 óta saját rendszereket fejlesztünk. Munkánkat többek között a 2017–2021 között a HunQuTech hazai kvantumtechnológiai kiválósági projekt, 2020–2025 között a Kvantuminformatikai Nemzeti Laboratórium, míg 2023–2025 között a QCIHungary nevű projekt is támogatja. A Műegyetem és az Ericsson Magyarország együttműködésében készült egy, BB84 protokollt használó QKD-rendszer. [23] Fejlesztettünk egy második generációs kvantumkulcscsere prototípust is. Ezt a Műegyetemen fejlesztett rendszert éles hálózatban 2022. április 29-én teszteltük sikeresen, ekkor a Magyar Telekom által bizto-

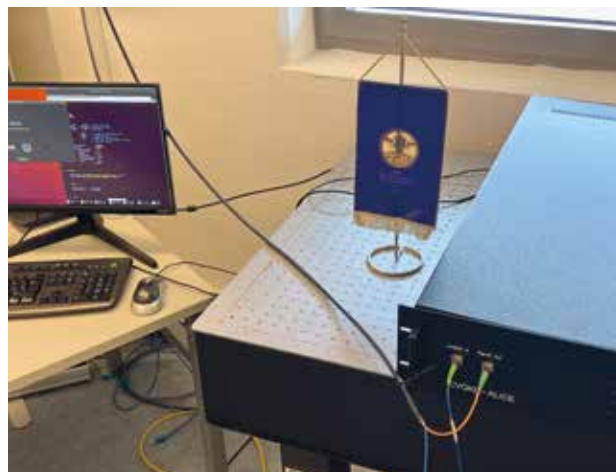
sított optikai szálon küldtünk át néhány fotonból álló jelet a Magyar Telekom kelenföldi központja és a BME I épülete között, több mint 2 kilométeres távolságon, felhelyezve ezáltal Magyarországot a kvantumkommunikáció nemzetközi térképére. Ezt követően új hazai távolsági rekordot állítottunk fel a kvantumkommunikáció területén 2022. május 25-én, a BME és a HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont közötti több mint 20 kilométeres távolságban megvalósított kvantumkommunikációval (7. ábra). A demonstráció során kvantuminformációkat kiolvasva állítottunk elő olyan kulcssorozatokat, amelyet fel lehetett használni üzenetek és képek titkosítására. [24]

2023-ban továbbfejlesztettük a laboratóriumi körülmények között működő kvantum véletlenszám-generátorunkat is. [25] Ennek révén kvantumfizikai folyamatokra alapozva tudunk előállítani jó minőségű véletlenszámokat, amelyek fontos alapját jelentik a különböző titkosítási eljárásoknak. A saját fejlesztésű véletlenszám-generátorunk által előállított számok egy belső weboldalon keresztül elérhetők a Műegyetem polgárai számára.

A vezetékes kvantumkommunikációs terület mellett szabadtéri kvantumkulcscsészó rendszer fejlesztésével is foglalkozunk, együttműködve a Vodafone Magyarországgal. Az összeköttetés során a BME Természet-tudományi Karon fejlesztett összefonódott fotonforrást használjuk, valamint olyan, saját szinkronizációs berendezéseket, amelyek építését az Európai Űrügynökség is támogatja. A kísérleti demonstrációkon túl vizsgáljuk a műholdas kvantumkommunikáció különböző kérdéseit, többek között a több kvantumkommunikációs műholdból álló QKD-rendszerek, valamint a kvantuminternet technológiai megvalósíthatóságával kapcsolatban.

Nagy hangsúlyt fektetünk a jövő generációjának az oktatására is. 2022 őszén hazánkban elsőként a Műegyetemen indult el az űrmérnök mester-szak, amelyről részletesen a Haditechnika 2024/1. számában számoltunk be.⁹ Fél évvel később, 2023 tavaszán az országban elsőként a BME Villa-

7. ÁBRA. A 2022. májusi
kísérleten készült
fénykép a műegyetemi
fejlesztésű
QKD-berendezésről
(A szerzők felvétele)



⁹ <https://doi.org/10.23713/HT.58.1.07>

mosmérnöki és Informatikai Karon indult el kvantuminformatikai mellékspecializáció. Ennek során a mérnök-informatikus mesterképzés hallgatói előadások, gyakorlatok és laboratóriumi mérések segítségével mélyedhetnek el a kvantumszámítógépek és a kvantumkommunikáció különböző technológiai kérdéseiben.

Az Európai Unió támogatásával 2023. január elején kezdődött az EuroQCI-hoz kapcsolódó magyar kvantumkommunikációs projekt. A QCIHungary projektben a Kormányzati Informatikai Fejlesztési Ügynökség (KIFÜ) koordinálásával a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, az Eötvös Loránd Tudományegyetem és a HUNREN Wigner Fizikai Kutatóközpont

szakemberei közösen dolgoznak egy hazai kvantumkommunikációs infrastruktúra kialakításán. A projekt során a Műegyetem koordinálja az oktatással kapcsolatos feladatokat, valamint a kutatás-fejlesztési tevékenységeket is. Utóbbi keretében különböző vezetékes és szabadtéri rendszereket fejlesztünk és felkészülünk a műholdas kvantumkommunikációs rendszerekhez történő kapcsolódásra.

ÖSSZEFOGLALÁS

Cikkünkben a műholdas kvantumkommunikáció gyakorlati megvalósításának kérdéseivel foglalkoztunk. Miután bevezettük az olvasót a kvantumfizikai elveken alapuló távközlés legfontosabb jellemzőibe, részlete-

sen is bemutattunk néhány területet és kitértünk a jövőbeli fejlesztés irányaira. Napjainkban a legnépszerűbb alkalmazási terület a kvantumalapú kulcsszétosztás, ami már nemcsak a laboratóriumban létezik, hanem a világon több cég kínál kapcsolódó terméket, számos helyen üzemeltetnek vezetékes hálózatot és terveznek műholdas rendszereket. Cikkünkben nagy hangsúlyt fektettünk az összefonódáson alapuló műholdas kvantuminternetre, bemutatva többféle architektúrális elképzelést is. Ezek közül a műszakilag legizgalmasabb a kvantummemória-alapú műholdas konstelláció, ahol a memóriák egymás között kis veszteséggel kommunikálnak. ■

HIVATKOZÁSOK

- [1] Hanzo, L., Haas, H., Imre, S., O'Brien, D., Rupp, M., Gyongyosi, L. „Wireless Myths, Realities, and Futures: From 3G/4G to Optical and Quantum Wireless”, IEEE, Proceedings of the IEEE, 2012. Volume 100, Special Centennial Issue, pp. 1853–1888., ISSN 0018-9219. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2012.2189788>;
- [2] Bacsaárdi László. Az igazi kvantum csendje: Kvantumcsatlakozók a hatékony kommunikáció szolgálatában. Tudományos Ismeretterjesztő Társaság, Természet Világa, 2016, 147. évf. 1. szám, pp. 11–14., ISSN 0040-3717. https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=135569 (Letöltve: 2024.6.3.);
- [3] Bacsaárdi László, Galambos Máté, Imre Sándor. Kvantumcsatlakozók a műhold–Föld és műhold–műhold kommunikációban. Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület. Híradástechnika, LXV. évf. 2010/3–4., pp. 23–29., ISSN 0018-2028. https://regi.hiradastechnika.hu/data/upload/file/2010/2010_03_04/Pages_from_HT2010_3_4_3.pdf (Letöltve: 2024.6.3.);
- [4] Bacsaárdi László, Kiss András. „Kvantumkommunikáció alapuló műholdas hálózat vizsgálata”, Magyar Asztronautikai Társaság, Űrtan Évkönyv 2014. Budapest, 2015, ISSN 1788-7771. https://www.mant.hu/kiadvanyok/urtan_evkonyv_2014.pdf (Letöltve: 2024.6.3.);
- [5] Imre, S., Balázs, F. Quantum Computing and Communications: An Engineering Approach, John Wiley & Sons Ltd., 2004. <https://doi.org/10.1002/9780470869048>;
- [6] Hughes, C., Isaacson, J., Perry, A., Sun, R.F., Turner, J. 2021, Entanglement. In: Quantum Computing for the Quantum Curious. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61601-4_7;
- [7] Griffiths, R. „Quantum Locality”, Springer, Foundations of Physics, 2010, Vol. 41, pp. 705–733. <https://doi.org/10.1007/s10701-010-9512-5>;
- [8] Khrennikov, A. „CHSH Inequality: Quantum Probabilities as Classical Conditional Probabilities”, Springer, Foundations of Physics, 2015, Vol. 45, pp. 711–725. <https://doi.org/10.1007/s10701-014-9851-8>;
- [9] Asbóth János. „A 2022. évi Nobel-díj: A Kvantumos Összefonódás, a »Kísérteties Távolság« Kísérleti Igazolása”, Eötvös Loránd Fizikai Társulat, Fizikai Szemle, 2022, pp. 341–346.;
- [10] Lugin, T. „One-Time Pad.” In: Mulder, V., Mermoud, A., Lenders, V., Tellenbach, B. (eds.) Trends in Data Protection and Encryption Technologies. Springer, Cham, 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-33386-6_1;
- [11] Najeeb, M., Masood, A., Fazil, A. „Quantum Key Distribution for Secure Communications”. Semantic Scholar. International Journal of Innovations in Science and Technology, 2022, pp. 173–183. <https://doi.org/10.33411/IJIST/2022040406>;
- [12] Bennett, C. H., Brassard, G. „Quantum cryptography: Public key distribution and coin tossing”. IEEE, Proceedings of IEEE International Conference on Computers, Systems and Signal Processing, 1984. Volume 175, p. 8. New York. <https://researcher.watson.ibm.com/researcher/files/us-bennetc/BB84highest.pdf> (Letöltve: 2024.6.3.);
- [13] Hughes, Richard J., et al. „Practical free-space quantum key distribution over 10 km in daylight and at night”, IOPScience, New J. Phys., 2002, 4–43. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/4/1/343>;
- [14] Fürst, M., et al. „Free-space quantum key distribution over 144 km”, SPIE, Proc. SPIE, 2006, 6399, <https://doi.org/10.1117/12.690174>;
- [15] Liao, S. K., Cai, W. Q., Liu, W. Y. et al. „Satellite-to-ground quantum key distribution.” Nature. Nature 549, 2017, pp. 43–47. <https://doi.org/10.1038/nature23655>;
- [16] Chao-Yang, Liu, et al. „Micius quantum experiments in space”, American Physical Society, APS Physics, Rev. Mod. Phys., 2022, pp. 035001. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.94.035001>;
- [17] Villar, A., et al. „Entanglement demonstration on board a nanosatellite”, Optica Publishing Group, Optica, 2020, pp. 734–737. <https://doi.org/10.1364/OPTICA.387306>;
- [18] Quantum Manifesto. Európai Unió, 2016. https://qt.eu/media/pdf/93056_Quantum-Manifesto_WEB.pdf (Letöltve: 2024.6.3.);
- [19] Kaltenbaek, R. et al. „Quantum technologies in space”. Springer, Experimental Astronomy 51, 2021, ISSN 1572-9508. <https://doi.org/10.1007/s10686-021-09731-x> (Letöltve: 2024.6.3.);
- [20] Ramakrishnan, R. K., et al. „The Quantum Internet: A Hardware Review”, Springer, J Indian Inst Sci 103, 2022, pp. 547–567. <https://doi.org/10.1007/s41745-022-00336-7>;
- [21] Ma, Lijun, Slattery, Oliver, Tang, Xiao. Optical quantum memory based on electromagnetically induced transparency, IOP Publishing, Journal of Optics, 2017, Volume 19. <https://doi.org/10.1088/2040-8986/19/4/043001>;
- [22] Mol, Jan-Michael, et al. Quantum Memories for Fundamental Physics in Space, IOP Publishing, Quantum Science and Technology, 2023, Vol. 8. <https://doi.org/10.1088/2058-9565/acb2f1>;
- [23] Czermann, M., Trócsányi, P., Kis, Z., Kovács, B., Bacsaárdi, L. „Demonstrating BB84 Quantum Key Distribution in the Physical Layer of an Optical Fiber Based System”, Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület, Infocommunications Journal, 2021, VIII. pp. 45–55. <https://doi.org/10.36244/ICJ.2021.3.5>;
- [24] Márton, B. L., Kis, Z., Bacsaárdi, L. „Testing the First Hungarian CV-QKD System on a Real Optical Line”, IEEE, SoftCOM 2023: 1–6, 2023. <https://doi.org/10.23919/SoftCOM58365.2023.10271613>;
- [25] Schranz, A., Solymos, B., Telek, M. „Stochastic performance analysis of a time-of-arrival quantum random number generator”. Wiley, IET Quantum Communication, 2021, 1–17. <https://doi.org/10.1049/qt2.12080>.



OZSVÁTH SÁNDOR*

ELBIT SKYLARK 3 PILÓTA NÉLKÜLI FELDERÍTŐ REPÜLŐGÉP RENDSZERESÍTÉSE A MAGYAR HONVÉDSÉGBEN

1. ÁBRA. Skylark 3 pilóta nélküli légi jármű az indítóállványon, a felszállás előtt felszerelt hűtőberendezéssel
(Fotó: HM Zrínyi Nkft. / Kormány Gábor)

Az ukrán hadszíntéren 2022 tavaszán merev szárnyú drónokkal végrehajtott műveletek több szempontból is figyelemre méltónak nevezhetők. Az egyszerűen felhasználható forgószárnyas drónok sikeres bevetése mellett a nagyobb teljesít-

ményű (taktikai szintű) merev szárnyú eszközök katonai műveletekbe integráltan történő bekapcsolása és hatékony alkalmazása is mérföldkönek tekinthető. Ennek a képességnek köszönhetően válik valóra a harctéri információk lehető leghatékonyabb

felhasználása. Bebizonyosodott, hogy felderítési és csapásmérési feladatok esetén milyen magas fokú hatékonysággal alkalmazhatóak a nagyteljesítményű, merev szárnyú, pilóta nélküli rendszerek, amennyiben azt jól kiképzett és motivált szakállomány üzemelteti.

Magyarország, a cikk bevezetőjében említett időszakban már rendelkezett ilyen jellegű rendszerrel, amely tény – biztonsági okok miatt – a közelmúltig a „nem nyilvános” kategóriába tartozott. Tanulmányunkban részletesen ismertetjük a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program részeként alkalmazásba vett ELBIT Skylark 3 típusú pilóta nélküli repülőgépet, valamint rendszerbe állításának főbb állomásait. Ahhoz azonban, hogy egy ilyen bonyolultságú pilóta nélküli taktikai felderítő rendszert ismertessünk, be kell mutatnunk azt a többéves előkészítő tevékenységet, amely a sikeres rendszerbe állítást megelőzte.

ÖSSZEFOGLALÁS: Az orosz–ukrán háború bebizonyította, hogy a modern hadviselés egyik meghatározó eleme a drónokkal vívott légi háború. A Magyar Honvédség már a konfliktus kirobbanását megelőzően megkezdte a modern, merev szárnyú, pilóta nélküli légi járművek rendszerbe állítását. Ennek a fejlesztési folyamatnak második állomása az izraeli ELBIT cégcsoport által gyártott Skylark 3 pilóta nélküli légi jármű rendszeresítése és műveleti alkalmazása.

KULCSSZAVAK: dróntámadás, légvédelem, orosz–ukrán háború, ELBIT cégcsoport, Skylark 3

ABSTRACT: The Russo-Ukrainian war proved that one of the defining elements of modern warfare is aerial warfare fought with drones. Even before the outbreak of the conflict, the Hungarian Armed Forces had begun to put modern fixed-wing unmanned aerial vehicles into service. The second stage of this development process is the regularization and operational application of the Skylark 3 unmanned aerial vehicle manufactured by the Israeli ELBIT company group.

KEYWORDS: drone attack, air defence, Russo-Ukrainian war, drone interference, ELBIT company group, Skylark 3

* Katonai szakértő.
ORCID: 0000-0002-1043-7076

A MH Bornemissza Gergely 2. Felderítőezred a Magyar Honvédség egyik legösszetettebb feladatrendszerű alakulata. Az alakulat alárendeltségében álló technikai felderítő zászlóalj ad otthont a Pilótanélküli Felderítő Repülő Századnak [1], amely hazánkban a legnagyobb tapasztalattal rendelkező alegység a pilóta nélküli eszközök műveleti alkalmazása terén. A közelmúltban itt rendszerbe állított ELBIT Skylark I-LEX típusnak (8. ábra) köszönhetően a Magyar Honvédség felderítő szakállománya sikeresen elsajátította a modern dróntechnológia üzemeltetését, valamint azok hatékony alkalmazásával valós műveleti és missziós tapasztalatokra is szert tett. [2]

Jogosan merült fel a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program tervezőiben, hogy a nemzetközi piacon olyan nagyteljesítményű pilóta nélküli felderítő rendszert keressenek, amely a lehető leggyorsabban rendszerbe állítható. A választás nem véletlenül esett az ELBIT cégcsoport Skylark 3 elnevezésű repülőgépre, hiszen fejlesztése során felhasználták a Hamász és a Hezbollah terror szervezetek ellen viselt drónháború tapasztalatait is. Az ELBIT gyártmánya mellett további nyomós érv volt a repülőgépgyártók között egyre inkább észrevehető, rendszerek közötti átjárhatóságra való törekvés. A hasonlóan kialakított kezelői konzolok, szoftveres alkalmazások és repülési eljárások az ELBIT rendszerei esetén rövid átképzési időt tesznek lehetővé.

1. TÁBLÁZAT. A Skylark I-LEX és a Skylark 3 típusok néhány műszaki jellemzőjének összehasonlítása (A szerző szerkesztése a légi járművek légi üzemeltetési utasítása alapján)

Műszaki jellemzők	Skylark I-LEX taktikai pilóta nélküli felderítő rendszer	Skylark 3 taktikai pilóta nélküli felderítő rendszer
Szárnyfeszítávolság [mm]	3100	4700
Maximális felszállótömeg [kg]	8	46
Legnagyobb hasznos teher [kg]	1,2	10
Maximális hatótávolság [km]	40	100
Szolgálati csúcsmagasság [ft]*	4000	12000
Maximális repülési idő [min]	180	300
Alkalmazás kezdete a Magyar Honvédségben	2018	2022

* 1 ft = 0,3048 m

AZ ELBIT SKYLARK 3 TÍPUSÚ PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉP BEMUTATÁSA

Mint minden Izraelben készült pilóta nélküli eszközt, a Skylark 3 típust is valós, objektíven kiértékelt műveleti tapasztalatok felhasználásával tervezték. [3] Napjainkban a Hamász, a Hezbollah és a Fatah terror szervezetek ellen folytatott titkosszolgálati és katonai műveletek eredményes végrehajtása nem képzelhető el a nagyteljesítményű taktikai pilóta nélküli rendszerek támogatása nélkül. A Skylark 3 létrejötté alapvetően erre a fejlesztési igényre vezethető vissza.

A Skylark 3 megjelenését tekintve sokban hasonlít egy modern vitorlázó repülőgépre. Szárnya gondosan megtervezett, aerodinamikailag igényes kialakítású, és az alkalmazott felületek rendkívül simák. A gyártó nem hozta nyilvánosságra a felhasznált szárnyszelvényprofilokat, azonban nagy biztonsággal kijelenthetjük, hogy a

repülőgép a modern, nagyteljesítményű vitorlázógépekre jellemző lamináris profillal rendelkezik. A gondos aerodinamikai kialakítás másik példája a szárny aerodinamikai elcsavarása és a szárnyvégek wingletekkel (szárnyfülekkel) történő ellátása, amelynek köszönhetően az indukált ellenállást is sikerült jelentősen csökkenteni. Ezeknek a kifinomult aerodinamikai részleteknek az alkalmazása azonban nem a siklószám növelésére irányul, hanem a szárny minél gazdaságosabbá tételére. Mivel a Skylark 3 elektromos meghajtású repülőgép, ezért előnyös aerodinamikai kialakításának köszönhetően nemcsak a siklósi tulajdonságai kedvezőek, hanem adott töltéssel nagyobb távolságot képes berepülni.

A repülőgépet fordított „V” azaz „pillangó” vezérsíkokkal építették. Azt, hogy a tervezők ezt a kialakítást választották, az is lehetővé teszi, hogy a repülőgép nem rendelkezik futóművel, visszatérése két részből álló ejtőernyő- és légzsákrendszerrel történik.

AZ ÜZEMELTETÉS SAJÁTOSSÁGAI

A Skylark 3 méretéből és repülési jellemzőiből adódóan már nem indítható hagyományos mechanikus katapulttal. Földi üzemeltetése külön szakállományt igényel, amely a repülőgép felszállásához szükséges sűrített levegővel működő katapultrendszert is üzemelteti.

Ez a nagy méretű, vontatható katapult egy magas üzemi nyomáson dolgozó indítórendszer, amely egy feltöltéssel több indítást tesz lehetővé. Töltése nagyteljesítményű kompresszorokkal történik, kezeléséhez külön képzés szükséges.

2. ÁBRA. A Skylark 3 közvetlenül a kilövő után (a légsavár még nem nyílt ki) (A szerző felvétele)





3.

3. ÁBRA. A Skylark 3 összeszerelése a tárolórendszerben kialakított állványon (A szerző felvétele)



4.

4. ÁBRA. A katapult telepítése (A szerző felvétele)

A repülőgépet egy speciálisan képzett szakállomány üzemeltetheti. A parancsnok (aki egyben a légtérkoordinációért is felel), a gép irányítását végző 1-es operátor, a repülőgépek üzemeltetéséért és katapultrendszerért felelős 2-es számú operátorok, valamint a gépjárművezető, aki segítői feladatokat is ellát a telepítés során. A rendszer teljesítményéből adódóan, hosszabb műveleti feladatok ellátása során ezt a létszámot kiegészítik, mivel a kezelőszemélyzet nem képes annyi ideig az elvárt hatékonysággal tevékenykedni, mint amennyit a rendszer teljesítménye lehetővé tesz.

A rendszer telepítése során a felszállóhelyre külön erre a célra gyártott műanyag ládákban szállítják ki a repülőgépeket, valamint a földi állomást. Ez a tárolórendszer a részegységek méretére és alakjára

specifikusan kialakított, amelyeket elláttak légáteresztő szelepekkel, így mérsékelt időjárásálló. A rendszer hordozójárműve a Magyar Honvédségben széles körben rendszeresített Rába H14-es típusú terepjáró tehergépjármű [4], illetve a személyi állomány mozgatására és a katapult vontatására szolgáló Toyota Hilux típusú terepjáró személygépjármű. Mivel a taktikai pilóta nélküli csoport akár több napig is a felszállóhelyen tevékenykedik, ezért fontos a repülőgépek környezeti behatások elleni védelme, valamint a repülés előkészítéséhez szükséges pormentes környezet kialakítása.

A működéshez szükséges tábori infrastruktúra kialakítása után a kezelőállomány felállítja a földi állomást, valamint megkezdi a repülőgépek összeszerelését, fedélzeti rendszereinek az ellenőrzését. Ezzel párhuzamo-

san megkezdődik a katapultrendszer telepítése, esetleges töltése. Az első felszállás előtt a katapultot üzemeltető operátor ellenőrzi a magasnyomású rendszert, majd próbakilövést hajt végre egy külön erre a célra készített próbasúlyal.

A repülőgépek összeszerelésének utolsó fázisa a katapulton történik. Ez idő alatt a repülőgép fedélzeti rendszerei már részben működnek. A túlmelegedés megakadályozásáról egy kiegészítő hűtőberendezés gondoskodik (1. ábra), amelyet közvetlenül a felszállás előtt el kell távolítani. A kommunikáció ellenőrzését és a felszállás előtti ellenőrző rendszeres tesztek lefuttatását követően a teljes kezelőállomány felkészül a kilövésre. A katapultot kezelő operátor nyomás alá helyezi a rendszert, és eltávolítja a biztonsági csapszeget (9. ábra), majd egy vezetékcsatlakozással eltávo-



5. ÁBRA. A katapultrendszer indítókonzolja (A szerző felvétele)

6. ÁBRA. A Skylark 3 taktikai pilóta nélküli felderítő rendszer katapultos indítása (A szerző felvétele)



7. ÁBRA. A szárnyak felszerelése (A szerző felvétele)

lodik a géptől. Ekkor a rendszer már indításra kész állapotban van, a kezelőállomány csak a felszállási protokoll megszakítása esetén mehet a közelébe, és csak abban az esetben, ha a biztonsági csapat visszailllesztették.

Miután a katapultot kezelő operátor meggyőződött róla, hogy a felszállás biztonságosan végrehajtható, ellenőrzi az indítókonzolon található visszajelzők fényeit. A repülőgéphordozók régebbi indítóberendezéséhez hasonlóan, itt is egy sorba rendezett zöld lámpák jelzik, ha a rendszer indításra kész állapotban van. A felszállómező akadálymentességének utolsó ellenőrzése után a kilövés egy biztonsági fedéllel ellátott kapcsoló lenyomásával történik.

A repülőgép – miután elhagyta az indítóállványt – kinyitja a tolólégcsavar lapátjait, és beindítja elektromos motorját, amely azonnal maximális felszállóteljesítményen működik.

A feladat jellegének függvényében a repülőgép több fajta akkumulátorelrendezéssel használható. Maximális telepkihasználtsággal és felszállótömeggel repülési ideje öt óra, hatótávolsága 100 km. A repülőgép kifinomult avionikai és felderítő rendszerekkel rendelkezik, amelyek képességei továbbra sem nyilvánosak. A pilóta nélküli légi járművet méretéből és teljesítményéből adódóan a 38/2021-es kormányrendelet által meghatározott „C” kategóriába sorolták. Fedélzeti rendszerei között megtalálható egy transzponder, amelynek köszönhetően ellenőrzött légterekben

történő repülésre is alkalmas. A jövőbeli alkalmazásokat tekintve ez egy igen fontos képesség, hiszen hazánk légtér szerkezete egyre bonyolultabb, a légtér zsúfoltsága pedig évről évre egyre nagyobb.

Bár az eszköz irányítható direkt módon is, a repülési útvonalat alapvetően az előre beprogramozott koordináták érintésével repüli le. Ez a fajta automatizáció a géppel repülő operátor tehermentesítését szolgálja, amelynek következtében nem kell a gép vezetésére koncentrálnia, figyelmének nagyobb részét a kamerakezelésre tudja fordítani. Ez idő alatt a repülőgép repülésvezérlő rendszere folyamatosan helyesbíti az elsodródásból adódó eltéréseket, így igen pontosan követi a kijelölt útvonalat.

A nagyfokú automatizáció jól megfigyelhető a leszállások végrehajtása során is. A repülőgép önmaga határoz-



za meg a bejövétel irányát, amit a szél iránya és sebessége alapján számol ki. Mivel a leszállást egy ejtőernyő és egy légzsákrendszer kombinált alkalmazásával hajtja végre, ezért a repülésvezérlő számítógépe előre meghatározza az elsodródás mértékét, amely alapján megtervezi a nyitás pontos helyét. Az ejtőernyő nyitását követően (annak hevederén lógva) átfordul a hátára, ezáltal is védve a vezérsíkokat és a kamerarendszert az esetleges károsodásoktól. Földet érés előtt felfúvódik egy légzsákrendszer

8. ÁBRA. A Skylark I-LEX pilóta nélküli repülőgép katapultos indítása (Forrás: HM Zrínyi Nkft.)

9. ÁBRA. A Skylark 3 közvetlenül felszállás előtt. A képen jól látható, hogy a biztonsági csapszeg még nincs eltávolítva (A szerző felvétele)



10. ÁBRA.
A légsákrendszer
behajtogatása
(A szerző felvételei)



a törzs körül, amely tovább csökkenti a bekövetkező sérülések veszélyét. Ez a fajta összetett visszatérési mód a Skylark I-LEX rendszerhez képest jóval nagyobb területet igényel, így alapvetően meghatározza a rendszer üzemeltethetőségét.

11. ÁBRA. Skylark 3
leszállás után,
leengedett
légsákrendszerrel és
ejtőernyővel
(A szerző felvétele)

Akárcsak kisebb változata, a Skylark I-LEX, a Skylark 3 is hasonló szoftveres alkalmazásokkal üzemeltethető. Ennek a tervezési filozófiának köszönhetően a kisebb ELBIT repülőgépeken

gyakorlatot szerzett kezelőállomány viszonylag gyorsan átképezhető. A gyártó cég azonban nem javasolja, hogy ugyanazon állomány egyszerre tartsa fenn jártasságát a kis és a nagy repülőtechnikán. Ez a kereskedelmi repülésben is megjelenő irányelv a Skylark 3 esetében is teljesen jogos, hiszen a repülőgép jóval gyorsabb repülésre képes, mint kisebb változatai. A kezelőállománytól komplexebb gondolkodást követel meg, mint

a Magyar Honvédségben alkalmazott Skylark I-LEX vagy Raven típusok esetében. Repülési jellemzői leginkább egy a hazai sportrepülésben is elterjedt, Scheibe SF-25 típusú motoros vitorlázórepülőgéphez hasonlóak.

Az ELBIT cégcsoport a Skylark 3 rendszerre platformként tekint, amelyből kiindulva több fejlesztést is végrehajtottak. Megépítették a repülőgép benzin-elektromos meghajtású hibrid változatát is. [5] Ennek a meghajtási módnak köszönhetően a repülőgép repülési ideje 18 órára nőtt. Felhasználási jellegét tekintve a fel- és leszállást, valamint az útvonalrepülést benzinmotor alkalmazásával hajtja végre. A kijelölt felderítési terület közelében átvált elektromos meghajtásra, aminek következtében gyakorlatilag hangtalanul tevékenykedik. Szürke festésének köszönhetően a hajnali és az esti órákban nagyon nehezen érzékelhető, éjszakai sötétségben pedig szabad szemmel gyakorlatilag láthatatlan.

AZ ESZKÖZ RENDSZERBE ÁLLÍTÁSA

A Skylark 3 teljesítménye és kifinomultsága szervezeti változásokat is megkövetelt. Fizikai méretéből adódóan olyan kezelőállományt kellett kiképezni, amely képes volt



a rendszerbe állítást eredményesen végrehajtani, és elsőként megszerzeni a *pilóta nélküli rendszerkezelő szakszolgálati engedélyt*. A kiválogatott operátori állománnyal szemben támasztott (igen magas) követelményeket a kisebb pilóta nélküli rendszerekkel szerzett tapasztalatok felhasználásával határozták meg. [6] A szakszolgálati engedélyek megszerzése azonban egy bonyolult, hosszú folyamat volt, amely több, egymásra épülő képzésből állt. A különböző tanfolyamok, nyelvi és hatósági követelmények teljesítése, valamint a kiképzés végrehajtása a kijelölt csoportnak közel négy évébe került. Ezzel párhuzamosan katonai berkeken belül logisztikai, repülésbiztonsági és a hatósági területeken is folyt az előkészítés, hiszen ilyen teljesítményű és méretű pilóta nélküli repülőgép még nem üzemelt a Magyar Honvédségben.

Érthető okokból ez a típusú rendszerbe állító tevékenység a nyilvánosság teljes kizárásával történt. Akárcsak az izraeli hadsereg esetén, nálunk is védeni kellett – és a jövőben is védeni kell – a kiképzett operátoraink személyazonosságát.

Az első repülőgépek beérkezését követően nyilvánvalóvá vált, hogy a rendszer üzemeltetése jóval profeszionálisabb környezetet követel meg a korábban megszokottnál. A kifinomult rendszerek tárolása, repülésre történő előkészítése során szóba sem kerülhet a hagyományos „keleti” üzemeltetési filozófia. Hazai bázison kellett megvalósítani a gyártó által előírt tároló- és előkészítő helységeket. Az infrastrukturális problémák megoldásán túl új szervezeti egységeket is ki kellett alakítani.

A taktikai pilóta nélküli felderítő rendszerek teljesítményükből adódóan olyan mennyiségű képi felderítési adatot képesek gyűjteni, amely a kezelőállomány számára már nem feldolgozható. Ennek a problémának a megoldása érdekében kapcsolni kellett a rendszerhez képi értékelő (Imagery Intelligence – IMINT) részlegeket is. A mobil és statikus képi elemző munkaállomások segítségével részletes mérések, elemzések készíthetők a felderítendő területről. A részletesebb és átfogóbb felderítési



12. ÁBRA. A bevetés parancsnoka az irányítókonzol mögött (A szerző felvétele)

adatoknak köszönhetően a parancsnokok döntéshozatali támogatása jóval hatékonyabbá válik, ami számtalan műveleti szituációban jelent előnyt.

ÖSSZEGZÉS

Az MH Bornemissza Gergely 2. Felderítőezred a Magyar Honvédségben belül egy teljesen új, taktikai szintű drónképeséget hozott létre. A Pilótanélküli Felderítő Repülő Század katonái számtalan, előre nem látható nehézséget oldottak meg egy olyan területen, amely az egyik legdinamikusabban fejlődő ágazat a modern hadviselésben belül. Az alakulatnál folytatott oktatómunkának köszönhetően azonban nemcsak modern rendszerek, hanem modern gondolkodású katonák is hadrendbe álltak. Tevékenységüknek köszönhetően képesek a hálózatalapú hadviselés alapelvei szerint taktikai dróntechnológiát üzemeltetni, és azt műveleti körülmények között hatékonyan alkalmazni. Többéves munkájuknak köszönhetően

egy olyan új világba léptek be, amiről néhány évvel ezelőtt még csak kevés szakembernek lehettek sejtései. A Skylark 3 rendszerbe állítása során szerzett tapasztalatok igazolják, hogy a modern hadviselésben a korszerű technika előnyei csak akkor érvényesülnek, ha az azt kezelő katonák kiképzettsége is magas szintű.

13. ÁBRA. A földi állomás antennája (A szerző felvétele)



HIVATKOZÁSOK

- [1] Magyar Honvédség Bornemissza Gergely 2. Felderítőezred, <https://mh2.honvedseg.hu/#> (Letöltve: 2024.3.11.);
- [2] Oszváth Sándor. Elbit Skylark I-LEX pilóta nélküli felderítő repülőgép rendszeresítése a Magyar Honvédségben. *Haditechnika*, LVII. évf. 2023/6., pp. 57–60. <https://doi.org/10.23713/HT.57.6.12>;
- [3] Skylark™ 3 Field Deployed Tactical ISTAR UAS, ELBIT Systems. <https://elbitsystems.com/product/skylark-3/> (Letöltve: 2024.2.26.);
- [4] Vágner Szabolcs. Terepjáró Képesség Fejlesztése a Magyar Honvédségben, *Katonai Logisztika*, 2018. évi 1–2. szám, pp. 194–227. <https://doi.org/10.30583/2018/1-2/194> (Letöltve: 2023.10.28.);
- [5] Skylark™ 3 Hybrid Long Endurance Tactical Mini UAS, ELBIT Systems. <https://elbitsystems.com/product/skylark-3-hybrid/>, (Letöltve: 2024.2.26.);
- [6] Sépi Lajos Zoltán. A Magyar Katonai UAV Kezelők Kompetenciái, *Repüléstudományi Közlemények*, 2013. évi 2. szám, pp. 269–277. https://real.mtak.hu/80202/1/2013_2_19_Sapi_Lajos_u.pdf (Letöltve: 2024.2.26.).

A TÁBORI TÜZÉRSÉG METEOROLÓGIAI TÁMOGATÁSÁNAK MEGÚJULÁSA A HADERŐFEJLESZTÉS SZEMSZÖGÉBŐL

II. RÉSZ

* Alezredes, doktorandusz.
Honvéd Vezérkar
Haderőtervezési
Csoportfőnökség,
Haderőszerkezési
Főnökség, kiemelt
főtiszt (főnök.). ORCID:
0009-0009-4165-6595

A szerző a tanulmány első részében részletesen bemutatja a tábori tüzérség meteorológiai képességeinek fokozatos elvesztéséhez vezető folyamatokat, ismertette a tüzérmeteorológiai támogatás jelentőségét a hatástüzelemek megállapításának folyamatában. A publikáció második részében a tüzérosztály visszaállított tüzérmeteorológiai képességét és annak alkalmazását mutatja be.

A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Programnak (HHP) köszönhetően átfogó fejlesztési folyamatok indultak el a tüzér fegyvernem tekintetében is. Ennek eredményeként a tábori tüzér képességet rendszerszinten optimalizálták, amely nemcsak az osztály

struktúráját érintette – beleértve a felderítő üteg létrehozását –, hanem magában foglalta a tüzeszközök és a felderítő alrendszerbe tartozó, felderítő képességgel rendelkező eszközök beszerzését is. A honvédelmi tárca a legkorszerűbb tüzeszközök közül német *KNDS Deutschland*¹⁷ cég kasseli gyártósoráról legördülő 24 darab Panzerhaubitze 2000HU önjáró löveget, a felderítő alrendszerek köréből az optikai felderítő képességgel rendelkező korszerű eszközöket (8., 9. 10. ábrák), valamint a tüzérmeteorológia képesség visszaállítását biztosító – a finn Vaisala cég által gyártott – TM-12 METEO HU (METEO HU) időjárásjelző komplexumot (11. ábra) szerezte be a Magyar Honvédség (MH) számára.

A TÜZÉRMETEOROLÓGIAI TÁMOGATÁS ELHELYEZKEDÉSE A VEZETÉS-IRÁNYÍTÁSI RENDSZERBEN

A tábori tüzérség a manővererők alapvető tűztámogató eszköze. A tüzérségi rendszer négy¹⁸ alrendszerre történő felosztását Felházi Sándor és Szabó Tibor – külföldi szakcikk tudományos elemzése alapján – 1996-ban rendszeresítették a magyar katonai terminológiába. A Hadtudományi lexikonban (új kötet) szereplő meghatározás alapján a tűztámogató rendszernek négy fontos elemét különböztetjük meg. Ezek a célfelderítés, a fegyverrendszerek (és lőszer), a vezetés és irányítás, valamint a tüzérség logisztikája. Ezen rendszerelemek nem szétválaszthatók, csak együttesen értelmezhetők, külön-külön

8. ÁBRA. Sterna + PLRF 25C lézertáv mérő (A szerző szerkesztése [14] alapján)

Sterna + PLRF 25C LÉZERTÁVMÉRŐ

Főbb jellemzők:

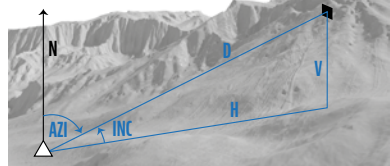
lézertáv mérő, hőkamera, mágneses iránytű (giroszkopikus irányyszög)
mérési tartomány: mérési pontosság:
szög: 6400 vonás vízszintes szög: 3 vonás
távolság: 5 m – 6000 m magassági szög: 3 vonás
koordináta-meghatározás: 3,9 m (1,5 km)



PLRF 25C
nagyítás: 6x-05
tömeg (akkumulátorral): 430 g

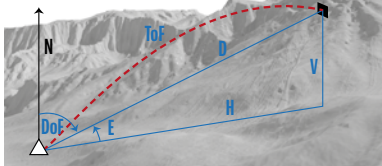


Poláris koordináta

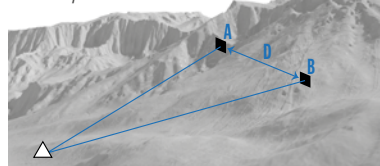


INC: hajlásszög; H: vízszintes távolság; V: magasságkülönbség; D: távolság; AZI: azimut/irányyszög

Ballisztika



Bázisirányos belövés



¹⁷ 2015-ben a francia *Nexter* hadipari vállalat egyesült a német *Krauss-Maffei Wegmann* (KMW) cégcsoporttal, így létrehozva a *KMW+Nexter Defense Systems* nevű holdingot. Az egységes arculat kialakítása érdekében a *KMW+Nexter Defense Systems* 2024. április 8-án nevet váltott: az új név *KNDS* lett, a *Krauss-Maffei Wegmann* pedig *KNDS Deutschland*, míg a *Nexter Systems* *KNDS France* néven működik tovább.

¹⁸ A *NATO STANAG 2484 AArtyP-5* Tűztámogatási Doktrína szerint – amely 2015 novemberében lépett hatályba –, a tüzérségi rendszert öt alrendszerre osztja, ezek a célfelderítés, a vezetés és irányítás, a tüzeszközök, a lőszer és a lőszerellátás alrendszerek.

való fejlesztésük esetenként értelmetlen. [17; 1120. o.]

Felházi Sándor doktori értekezésében a felderítő alrendszerek körében jelentős fejlesztésre tesz javaslatot – többek között az automatizált meteorológiai rendszer kialakítása érdekében – időjárásjelző állomás(ok) beszerzésére. A meteorológiai alrendszer feladata a tüzéség számára érvényes¹⁹ tüzermeteorológiai adatok biztosítása a pontosabb tüzelés érdekében. Az adatok gyűjtése rádiószondák használatával, vagy a HungaroMet Zrt. (korábban Országos Meteorológiai Szolgálat) mérési adatainak felhasználásával történik. E mérési adatok – számítógépes feldolgozás után – lehetővé teszik a valós idejű adatokhoz történő hozzáférést. A tüzéség fejlett automatizált vezetési rendszere lehetővé teszi az alrendszerek közötti hierarchiához kevésbé kötődő vezetési struktúra alkalmazását. Ennek eredményeként a tűzvezető alrendszer képes közvetlen kapcsolatot létesíteni bármely felderítő alrendszerrel, amely rendelkezik a megfelelő felderítési hatótávolsággal. [18; 97. o.]

Felházi Sándor véleményével egyetértve: „...a tüzérfejezernem fejlesztési feladatainak is az egyik legfontosabb területét képezi egy modern tábori tüzér automatizált vezetési rendszer kialakítása, amely automatizálja a tűztámogatás vezetését, irányítását, összeköttetést tart más vezetési alrendszerekkel, támogatja a tüzéség rendszerben való alkalmazását.”

A HHP keretében beszerzett vagy beszerzés alatt álló minden olyan tűzvezető és felderítő képességgel rendelkező technikai eszköz szoftverét és rendszerét – ideértve a tüzéség tűzvezető rendszerét is – integrálni kell az MH HUNTACCIS²⁰ hadművelleti automatizált vezetési rendszer tűzvezető vagy felderítő alrendszerébe. Ennek célja, hogy lehetőség nyíljon többek között a valós idejű adathozzáférésre.

Az MH Klapka György 1. Páncélosdandár vitéz Barankay József 1. Őnjáró Tüzérsztály Felderítő Űteg szervezetében lévő Időjárásjelző Raj technikai álló-

STERNA + MOSKITO TI lézertáv mérő

Főbb jellemzők:

lézertáv mérő, hőkamera, mágneses iránytű (giroskopikus irányyszög)

mérési tartomány:

szög: 6400 vonás

távolság: 10 m – 10 000 m (± 2 m)

mérési pontosság:

vízszintes szög: 3 vonás

magassági szög: 3 vonás

koordináta-meghatározás: 6 m (4,4 km)

MOSKITO TI felderítő műszer

nagyítás: 6×

kijelző: 800×600 pixel

tömege: 1,3 kg

lézerpointer: Class 1

támogatott GNSS: NAVSTAR



mánytáblájába 3 db METEO HU komplexum került betervezésre. Az első komplexum 2022 nyarán érkezett meg a honvédségi szervezethez, Tatára. A finn Vaisala vállalat mérnöke egyhetes, gyakorlatorientált képzés keretében mutatta be és tanította meg a meteorológiai mérőeszközök használatát a kezelői állománynak. A meteorológiai komplexum beszerzésével és a kezelői állomány kiképzésével létrejött a tüzermeteorológiai támogató képesség, amely lehetővé teszi a meteorológiai viszonyok folyamatos monitorozását, ezáltal biztosítva a szükséges időjárás adatokat a tűzfeladatokat végrehajtó tüzérsztály részére.

A tüzérsztály számára nélkülözhetetlen az időjárás adatok folyamatos biztosítása ahhoz, hogy a hatastüzelemek meghatározása teljes előkészítéssel – lásd a cikk I. részében – történhessen, ezért elengedhetetlen három időjárásjelző komplexum beszerzése, amelyek biztosítják a folyamatos tüzermeteorológiai adatokat az ütegek felé, akár önállóan, akár átala rendeltségben hajtják végre tűzfeladataikat.

A TM-12 METEO HU IDŐJÁRÁSJELZŐ KOMPLEXUM

2022. szeptember 7-én Bakonykútiban, az MH Bakony Harckiképző Központ,

9. ÁBRA. Sterna + MOSKITO TI felderítő műszer (A szerző szerkesztése [15] alapján)

10. ÁBRA. Goniolight G-TI (JIM LR + VECTOR 23) felderítő műszer (A szerző szerkesztése [16] alapján)

Goniolight G-TI (JIM LR + VECTOR 23) lézertáv mérő

VECTOR 23

mérési távolság: 23 000 m

pontosság: ± 5 m 12 000 m-ig

tömeg: 1,8 kg

JIM LR

mérési távolság: 10 m – 10 000 m

lézerpointer: Class 3B

tömeg: 2,8 kg

Főbb jellemzők:

lézertáv mérő, hőkamera, mágneses iránytű (giroskopikus irányyszög)

mérési tartomány:

szög: 6400 vonás

távolság: 23 000 m

mérési pontosság:

vízszintes szög: 3 vonás

magassági szög: 3 vonás

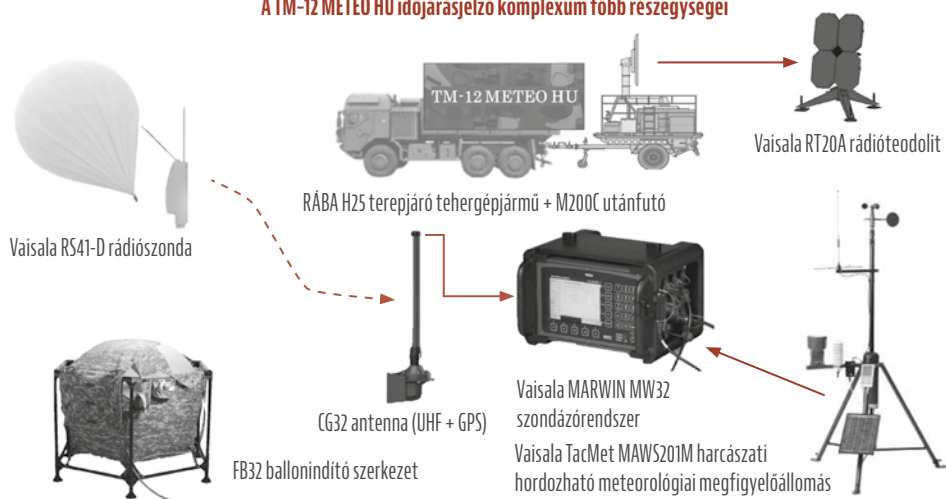
koordináta-meghatározása: 6 m (4,4 km)



¹⁹ A METEO-11 közepes időjárás-jelentés az összeállítást követően maximum 3 órán keresztül, a megközelítő pontosságú közepes időjárás-jelentés az összeállítást követően maximum 1 órán át alkalmazható.

²⁰ A Magyar Honvédség Tábori Vezetési és Irányítási (C2) szoftverrendszere.

A TM-12 METEO HU időjárásjelző komplexum főbb részegységei



11. ÁBRA. A TM-12 METEO HU időjárásjelző komplexum részegységei (A szerző szerkesztése [19] [21] [22] [23] [26] alapján)

Központi Gyakorló- és Lőterén (ma: MH Bősörményi Géza Csapatgyakorlótér Parancsnokság) megrendezett statikus szakmai napon a tatai dandár önjáró tüzérsztyálya demonstrálta a METEO

HU komplexum alkalmazását „éles” környezetben.

A német KNDS cég által biztosított METEO HU komplexum műszaki és kezelési utasítása „korlátozott terjesztésű!” gyártói minősítéssel rendelkezik, amely azt jelenti, hogy a részletes harcászati-technikai adatok és információk közzétételéhez a KNDS engedélyre van szükség. Ezért a METEO HU komplexum főbb részegységeinek leírását és ismertetését elsősorban a statikus szakmai napon²¹ szerzett tapasztalatok, valamint a fellelhető nyílt források felhasználása alapján történik.

A METEO HU komplexum részegységei (mérőeszközei) a nemzetközi piacon is meghatározó meteorológiai mérőeszközugyártónál, a finn Vaisala cégnél készültek, míg a RÁBA H25 hordozó tehergépjárműre történő integrálást a német KNDS végezte el. A finn Vaisala cég számos haderő számára gyárt nagy megbízhatóságú, időtálló eszközöket, – többek között a Vaisala TacMet²² MAWS201M harcászati hordozható meteorológiai megfigyelőállomást (TacMet MAWS201M megfigyelőállomás; 13. ábra), – amely a későbbiekben ismertetett alapparaméterek mérésére képes rendszeren túl, optikai eszközökkel felszerelve – kifejezetten repülőtereken – helikopterek kiszolgálására is alkalmas.

A TacMet MAWS201M megfigyelőállomás harcászati alkalmazása több NATO-tagországban²³ is elterjed, ami

köszönhető a sokoldalúságának, a gyors „mérőkészíté” tételének, a nap-elemes kialakításának – amely lehetővé teszi a hálózati áramforrás nélkül, akár 7 napos működést –, valamint a NATO meteorológiai jelentéseire vonatkozó szabványoknak megfelelő, kódolt időjárás-jelentések automatikus előállítását és továbbítását.

A METEO HU komplexum alapvető rendeltetése az időjárás adatok – a hőmérséklet, a páratartalom, a szélesség, a szélirány és a különböző magasságokban mért légnyomás – szolgáltatása a tüzérsztyál/űteg számára. Az időjárás adatokat az eszköz a vezetési és irányítási rendszeren (*intelligent Command and Control Artillery* – iC2 Artillery digitális tűzvezető rendszer [iC2 tűzvezető rendszer]) keresztül továbbítja. A METEO HU komplexum áramellátását egy dízelüzemű aggregátor biztosítja.

A METEO HU komplexum főbb részegységei (11. ábra): a Vaisala MARWIN MW32 szondázórendszer, a METEO-konténer, a Vaisala TacMet MAWS201M harcászati hordozható meteorológiai megfigyelőállomás, az iC2 Artillery tűzvezető notebook számítógép és táblagép, GPS-rendszer, a ballonindító szerkezet a tartozékokkal, a héliumpalackok, a Vaisala M200C utánfutó az RT20A rádióteodolit rendszerrel, a belső beszélgető-berendezések, a rádióberendezések, valamint a RÁBA H25 típusú konténerszállító terepjáró tehergépjármű.

A Vaisala MARWIN MW32 szondázórendszer (12. ábra) a légkör függőleges profilozását valósítja meg, méri a szélességet, a szélirányt, a légnyomást, a hőmérsékletet és a páratartalmat a felszíntől a mérés maximális magasságáig. A rendszer egy, a rádiószonda által sugárzott adatok vételére alkalmas vevőből, egy adatfeldolgozó egységből és az antennákból áll, amelyek a szabadon repülő ballonhoz csatlakoztatott rádiószonda követésére szolgálnak. [20]

Vaisala MARWIN MW32 szondázórendszer



Időjárás-jelentési formák:

METCM, STANAG 4082 tüzérségi számítógépek szabvány időjárás-jelentés
METB-2/METB-3, STANAG 4061 szabvány ballisztikai időjárás-jelentés
METTA, STANAG 4140 szabványos célfelderítési időjárás-jelentés
METEO 11 közepes időjárás-jelentés

Főbb technikai adatok:

Processzor típusa: COM Express PC, 1,5 GHz
DRAM: SO-DIMM, 2 GB
Képernyő: TFT LCD 8,4, SVGA
Operációs rendszer: Windows Embedded 2009
Portok: USB 1.1, USB 2, 4 soros LAN
ETHERNET 10/100 Mbps
IP-Minősítés: IP65
Méret: 280×430×380 mm
Tömeg: 22 kg
Működési hőmérséklet: -20 °C – +50 °C
Működési páratartalom: 0–100% RH
Működési szélesség: 0–65 m/s
Támogatott rádiószonda: RS41-SGM, RS41-SGP, RS41-SG, RS41-D, RS92-SGP, RS92-D

12. ÁBRA. MARWIN MW32 szondázórendszer (A szerző szerkesztése [20] [21] alapján)

²¹ Az MH Bakony Harckiképző Központ, Központi Gyakorló- és Lőterén (Bakonykúti) 2022. szeptember 7-én megrendezett statikus szakmai napon készült jegyzet alapján.

²² Angol megnevezése: Tactical Meteorological.

²³ Többek között: U.S. légierő, Finnország.

A TacMet MAWS201M megfigyelő-állomás (13. ábra) képes tábori viszonyok között a – megfigyelőállomás talajszintjén – a pillanatnyi szélesség, a szélirány, a levegő viszonylagos (relatív) páratartalma, a léghőmérséklet, a légköri (atmoszférikus) nyomás, valamint a csapadékmennyiség mérésére. Ezek a mért adatok referenciaként is szolgálnak a rádiószonda által mért (szolgáltatott) adatokhoz is.

Az M200C utánfutóra felszerelt – vagy a terepen telepített – RT20A rádióteodolit automatikusan követi a ballonra szerelt rádiószondát (14. ábra), és továbbítja a meteorológiai adatokat a MARWIN MW32 szondázórendszernek. Az áramellátást saját áramforrás biztosítja.

A Vaisala FB32 meteorológiai ballonindító szerkezet (FB32 ballonindító szerkezet; 15. ábra) biztosítja a ballon indítás előtti, a kívánt szondázási magasság eléréséhez szükséges mennyiségű héliummal történő feltöltését.

A statikus szakmai napon az Időjárásjelző Raj tüzér katonái bemutatták a METEO HU komplexum három üzemmódban történő alkalmazását, ami alapvetően a harcászati helyezettől függ:

Az első, az úgynevezett *teljes METEO-rendszer üzemmódban* történő alkalmazás, amikor az aktív rendszer a MARWIN MW32 szondázórendszerrel felszerelt METEO-konténerből, az iC2 tűzvezető rendszerből, a perifériából (a TacMet MAWS201M megfigyelőállomás és az RT20A-as rádióteodolit), valamint a ballonra rögzített RS41-D rádiószondából áll. Az M200C utánfutón lévő RT20A rádióteodolit követi a felengedett meteorológiai ballont a röppályáján, fogadja és továbbítja a valós idejű meteorológiai adatokat a MARWIN MW32 szondázórendszernek. Az iC2 tűzvezető rendszer továbbítja a meteorológiai adatokat – saját rádióhálózatán keresztül – az üteg(ek) tűzvezetőpontjai részére.

A második alkalmazási lehetőség esetén a METEO-rendszer az RT20A rádióteodolit nélküli üzemmódban alkalmazható. Ekkor az aktív rendszer a MARWIN MW32 szondázórendszerrel rendelkező METEO-konténerből, az iC2 tűzvezető rendszerből és a perifériából (a TacMet MAWS201M megfigyelőállomás és a CG32 járműantenna (UHR és GPS) (16. ábra), továbbá

a meteorológiai ballon az RS41-SGM GPS rádiószondával (GPS rádiószonda) van ellátva. Ahogy a meteorológiai ballon emelkedik, a GPS rádiószonda folyamatosan küldi a légkör valós idejű időjárás adatait – a CG32 UHF-antennán keresztül – a MARWIN MW32 szondázórendszernek. A kapott meteorológiai adatokat a szondázórendszer a kezelő által kiválasztott NATO szabvány időjárás-jelentési formában továbbítja az iC2 tűzvezető rendszer részére, amelyet a tűzvezető rendszer a saját rádióhálózatán belül elküldi az üteg(ek) tűzvezetőpontjai részére.

A harmadik esetben, az úgynevezett *távvezérlés üzemmódban* történő alkalmazás során az aktív rendszer részét képezi az RT20A rádióteodollal ellátott M200C utánfutó – ha a harcászati helyzet úgy kívánja meg, akkor az RT20A rádióteodolit telepítve van a terepen (14. ábra) –, az utánfutón lévő, szondázó munkaállomás szekrényébe csatlakoztatott MARWIN MW32 szondázórendszer, valamint a meteorológiai ballon, amire az RS41-D rádiószonda van felszerelve. A valós idejű időjárás viszonyok megfigyelése, az adatok gyűjtése, valamint az időjárás-jelentések továbbítása hasonlóan történik, mint a másik két üzemmódban.

A jelen tanulmánynak nem célja a különböző időjárás-jelentésekkel kapcsolatos NATO-szabványok részletes ismertetése, szükséges azonban megemlíteni, hogy a METEO HU komplexum az alábbi katonai szabványoknak megfelelő időjárás-jelentések előállítására alkalmas:

- METCM (*Artillery Computer Meteorological Message*) NATO STANAG 4082 tüzérségi számítógépek szabvány időjárás-jelentés,
- METB2/METB3 (*Ballistic Meteorological Message*) NATO STANAG 4061 szabvány ballisztikai időjárás-jelentés,
- METTA (*Target Acquisition Meteorological Message*) NATO STANAG 4140 szabvány célfelderítési időjárás-jelentés, valamint
- METEO-11 közepes időjárás-jelentés.

A felsorolt katonai szabványok tartalmi bemutatását egy későbbi tanulmány tárgya lehet.

Vaisala TacMet MAWS201M harcászati hordozható meteorológiai megfigyelőállomás



Főbb technikai adatok:

mérési tartomány (talaj menti):
hőmérséklet, szélesség (+irány), csapadék, légnyomás, páratartalom
működési környezet: telepíthető (külső használat)
háromlábú állvány magassága:
1,8–3,6 m között
működési hőmérséklet:
–40 és +55 °C között
páratartalom-mérés: 0–100% RH
szélességmérés: max. 35 m/s
maximális üzemi magasság: 3000 m
telepítési idő: < 15 perc
telepítési idő optikai érzékelőkkel: 30 perc
belső akkumulátor (7 nap működés):
7 Ah/12 V

adattovábbítás (vezeték nélkül): UHF (403–473 MHz), VHF (135–174 MHz)

adattovábbítás vezetékkel: RS-232

szenzorlehetőségek (alap): WMS302M szélesség és -irány,

BARO-1 légnyomásmérő, HMP 155 hőmérséklet- és relatív páratartalom, QMR101M billenőedényes csapadékmérés

ÖSSZEZÉS

A HHP keretében megvalósuló tüzérségi eszközbeszerzés hozzájárul az MH tüzér fegyvernemének, ezen belül is a tábori tüzérség képességeinek újjáépítéséhez, ennek köszönhetően a tábori tüzérség tűztámogatásának az időbenisége, a tüzérségi tüzének váratlansága és a pontossága, valamint

13. ÁBRA. A TacMet MAWS201M megfigyelőállomás műszaki paraméterei és képességei (A szerző szerkesztése [22] alapján)

14. ÁBRA. RS41-SG rádiószonda (A szerző szerkesztése [23] [26] alapján)

Vaisala RS41-SG rádiószonda

Főbb technikai adatok:

Hőmérséklet-érzékelő
mérési ciklus: 1 s
típus: 100 Ohm ellenállású platinaszál
mérési tartomány: +60 és –95 °C
Páratartalom-érzékelő
mérési tartomány: 0–100% RH
válaszidő: 6m/s 1000 hPa, +20 °C esetén < 0,3 s
6m/s 1000 hPa, –40 °C esetén < 10 s

Légnyomás

mérési tartomány: talaj menti légnyomástól 3 hPa
pontosság: 0.01 hPa
GPS-vevő
csatornák száma: ≥48
frekvencia: 1575,42 MHz, L1 C/A kód

Szélességi adatok:

maximális sebesség: 180 m/s
szélirány: 0–360 fok

Egyéb adatok:

tömeg: 80 g, akkumulátor: 2 db AA lítiumcellás elem, működési idő: > 240 s



telepített RT20A rádióteodolit

a tüzéalegységek túlélőképessége jelentősen megnőtt. Szabó Tibor véleményét osztva, három darab időjárásjelző állomás beszerzése szükséges annak érdekében, hogy a tüzéséget folyamatos időjárás-jelentésekkel lássuk el. Ezek a komplexumok képesek lesznek biztosítani a hadosztályszintű kötelék meteorológiai támogatását a hármas alkalmazási elv alapján: szondázás, áttelepülés vagy szondázásra való felkészülés, illetve áttelepülés vagy pihenés. [27; 29. o.]

A tanulmány elkészítése során a hivatkozott és felhasznált szabályzók többsége már hatályát veszítette. Emiatt is az új meteorológiai támogatás, mint képesség bevezetése érdekében elengedhetetlen a meglévő és az új doktrínák, az eljárásrendek és szabályzatok kidolgozása, illetve a meglévők felülvizsgálata, ideértve az Ált/2013.

MH Geoinformációs Támogatás Doktrína átdolgozását is. Kása István 2021-ben megjelent dolgozatában kifejtette: „Ha figyelembe vesszük, hogy mára nemcsak a STANAG-ek ratifikálása történt meg, hanem a tüzéség alapjában is megújul, akkor elkerülhetetlen és szükségszerű a kapcsolódó eljárások felülvizsgálata.” [28; 62. o.]

Ezenkívül fontos megjegyezni, hogy az új meteorológiai képesség integrálása a felderítő- és a hadosztálytüzéség vezetés-irányítási rendszerébe új kihívások elé állítja az MH ezen szakterületen dolgozó elméleti és gyakorlati szakembereit is.

A tatai tüzéosztály teljes képessége akkor lesz mérhető, ha a toborzott személyi állomány a harcászati és tüzvezetési foglalkozásait rendszerszinten képes végrehajtani, ezzel teljesítve alaprendeltetését.

Ahogy Bálint József tüzérszázados 1926-ban megfogalmazta: „Tüzéralmunk központjában ott látják azt szüntelen, hogy a példás összműködés mellett, belövés nélkül, legkisebb lőszer mennyiséggel, a legnagyobb erkölcsi és anyagi hatást kell elérniük, még nem látható célok ellen is!” [29; 366. o.]

HIVATKOZÁSOK

- [14] Forrás: https://www.safran-group.com/sites/default/files/2022-05/Safran-Vectronix_Folder_PLRF25C-X3_EN.pdf (Letöltve: 2024.3.28.);
- [15] Forrás: <https://www.safran-group.com/products-services/moskito-ti-medium-range-target-locator-infantry-and-special-forces> (Letöltve: 2024.3.28.);
- [16] Forrás: <https://www.safran-group.com/products-services/jim-compact-lightweight-multifunctional-long-range-binocular-system> (Letöltve: 2024.03.28.);
- [17] Krajnc Zoltán, et al. *Hadtudományi lexikon új kötet*. Ludovika Egyetemi Kiadó Nonprofit Kft., Budapest, 2019;
- [18] Felházi Sándor. *A magyar tábori tüzéség automatizált harc-, tüzvezetési és információs rendszerének kialakítási lehetősége a NATO normáknak megfelelően*. Doktori (PhD-) értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Hadtudományi Kar Tüzér tanszék, 2000;
- [19] Forrás: <https://www.youtube.com/watch?v=vWM1flrZcuY> (Letöltve: 2024.2.4.);
- [20] Forrás: <https://www.vaisala.com/en/products/weather-environmental-sensors/marwin-sounding-system-mw32> (Letöltve: 2024.2.4.);
- [21] Forrás: <https://docs.vaisala.com/v/u/B210776EN-G/en-US> (Letöltve: 2024.4.8.);
- [22] Forrás: <https://docs.vaisala.com/v/u/B210730EN-J/en-US> (Letöltve: 2024.4.8.);
- [23] Forrás: <https://docs.vaisala.com/v/u/B211321EN-K/en-US> (Letöltve: 2024.4.8.);
- [24] Forrás: <https://docs.vaisala.com/v/u/B210777EN-E/en-US> (Letöltve: 2024.4.8.);
- [25] Forrás: <https://docs.vaisala.com/v/u/B210986EN-B/en-US> (Letöltve: 2024.4.8.);
- [26] Forrás: http://www.hobeco.net/sites/default/files/fohlheto_radioteodolito_rt20a.pdf (Letöltve: 2024.7.27.);
- [27] Szabó Tibor. A tábori tüzéség fejlesztésének szükségessége a löelemek meghatározási pontosságának növelése szemszögéből. *Honvédségi Szemle*, 143. (2015/2.);
- [28] Kása István. *A tábori tüzéalegységek tüzvezetési eljárásainak felülvizsgálata a Honvédelmi és haderőfejlesztési Program tükrében*, Honvédségi Szemle, 149. (2021/2.) <https://doi.org/10.35926/HSZ.2021.2.5>;
- [29] Bálint József tüzérszázados. A mérés kihatása a modern tüzéségre. *Magyar Katonai Közlöny*, XIV. évfolyam. Stephaneum Nyomda és Könyvkiadó R.T., Budapest, 1926.

15. ÁBRA.
Az FB32 ballonindító szerkezet (A szerző szerkesztése [24] alapján)

FB32 meteorológiai ballonindító szerkezet



Főbb technikai adatok:

Szállítási méret: 1380 } 335×385 mm
 Indító szerkezet tömege: 26 kg (ládával)
 Indító szerkezet mérete:

- átmérő: 1600 mm
- szélesség: 1760 mm
- magasság: 1270 mm

Ballon anyaga: gumi (TOTEX)
 Balon tömege (repülési magasság):


- 200 g (22 km)
- 350 g (26 km)
- 600 g (31 km)

Üzemi hőmérséklet: -50 °C – +71 °C

Megbízható meteorológiai adatok mérése 20 m/s maximális sebességig.
 Összeszereléshez elegendő 1 fő.

16. ÁBRA.
A CG32 járműantenna (A szerző szerkesztése [25] alapján)

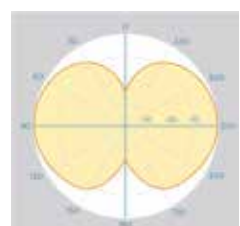
Vaisala CG32 járműantenna UHF + GPS



Főbb technikai adatok:

UHF-antenna		Erősítő	
tipus:	központosított dipólus	antennaerősítő:	
frekvencia-tartomány:	400 és 406 MHz		< 2 dB
antennaerősítés:	2 dBi	impedancia:	50 Ω
polarizáció:	függőleges	VSWR:*	< 1,5
telemetriai hatótávolság (RS41 típusú GPS rádiószenzorral):	150 km	Egyéb adat	
GPS-antenna		tömeg:	6,6 kg
elsődleges teljesítmény:	2,7 és 5,5 VCD	működési hőmérséklet:	-40 °C és +55 °C között
áramfelvétel:	< 40 mA		
L1 frekvencia:	1575,42 ± 10 MHz		

* Voltage Standing Wave Ratio (feszültség állóhullám aránya)



UHF antenna sugárzási mintázata



ZENTAY PÉTER*

OPERATION: DEEP PURPLE

III. RÉSZ

A MENTÉSI PÁLYA KIÉPÍTÉSE ÉS A BETEG SIKERES FELSZÍNRE SZÁLLÍTÁSA

15. ÁBRA. A „tiroli” híd és az egyik oldali kikötési-feszítési pontja

Operation Deep Purple volt a hivatalos fedőneve a dél-törökországi Morca-barlangban 2023. szeptemberben lezajlott barlangi mentésnek. A művelet nemzetközi visszhangja jelentős volt, szinte az összes nyugati médium foglalkozott az akció sikerességével.

A barlangi mentés nem tartozik szorosan a haditechnika témakörébe, azonban a cikkben ismertetett technikák, a szervezés és a logisztika sok hasonlóságot mutat egy katonai vagy katasztrófaelhárítási művelettel. A jelenlegi záró részben a beteg szállításra történő előkészítéséről, valamint a mentési pálya kiépítéséről, az ellensúlyos felhúzásról és a húzórendszerrel számol be a szerző, aki a Magyar Barlangi Mentőszolgálat tagjaként vett részt a műveletekben.

A BETEG SZÁLLÍTÁSRA TÖRTÉNŐ ELŐKÉSZÍTÉSE

Mark Dickey-t az állapotának stabilizálása után elő lehetett készíteni a szállításra. A beteget saját barlangász ruhájába öltöztették: vastag aláöltözetbe és overállba, illetve megfelelő fejtámaszt biztosítottak

számára. Ezek után lehetett a beteget a speciálisan kiképzett, barlangi mentésre tervezett hordágyba elhelyezni. A mentésnél használt hordágy az európai mentőszervezeteknél elterjedt és a Magyar Barlangi Mentőszolgálatnál is alkalmazott Petzl Nest típusú volt. A hordágy alapja egy komplex hevederrendszer, amelybe a beteget/sérültet beszíjazzák, így akármilyen szituáció lép fel, a hordágyhoz viszonyított helyzete nem változik, nem eshet ki belőle (16. ábra). Elvileg háton, fejjel lefelé is szállítható benne a sérült, azonban ezt minden esetben kerülni kell, mert a beteg biztonságán kívül a kényelme és állapotának szinten tartása (állapotromlásának elkerülése) is fontos. A beteg beszíjázása után a hordágy takaró-/védőponyváját (amely védi a beteget a külső hatásoktól és a csöpögő víztől) rögzítik és ellenőrzik a beteg kényelmét. A hordágy alja egy homogén, merev műanyag lemez, amelynek jó siklási tulajdonsága megkönnyíti a sziklákon, illetve az aljaton való csúszását. A hordágyon több rögzítőpont található, amelyek alkalmassá teszik a kötélen történő

függőleges mozgatásra, valamint a feszített hídon való szállításra is [14]. A hordágyhoz rögzíthető mindezen felül infúziós perfúzor, és a beteg vitális paramétereit monitorozó számítógép is.

A hordágy vízszintes mozgatása hordfűlekkel (3-3 az oldalakon és 1-1 a végeknél), kézi szállítással történik. A hordágy fejrészi rögzítési pontjához ilyen esetben is célszerű egy húzókötelet rögzíteni, amellyel eresztéskor további biztosítást, húzáskor segítséget tudunk nyújtani a hordágyat szállítóknak. A kötelet – amellyel stabilizálni lehet a hordágy haladását – akár többen is foghatják, ezzel egyenletesebbé téve a szállítást, és további segítséget nyújtva a hordágyat vivő embereknek. A járatok szűkületeiben a hordágyhoz csak nagyon kevés személy fér hozzá; általában egy fő elöl és egy hátul. Nekik kell a hordágyat és a benne fekvő beteget a kanyargós szűkületekben manőverezniük. A feladat még nehezebb, ha a szűkület tagolt, vagy lépcsős az alja. Ilyen terepviszonyok között nehéz húzni a hordágyat, és általában nagy erőfeszítést igényel a mozgatása. Ekkor is

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



DOI: 10.23713/HT.58.5.12

16. ÁBRA. A beteg hevederzettel történő rögzítése Petzl Nest típusú hordágyban, fej- és arcvédelemmel



jó szolgálatot tehet a húzókötel, mert azzal kívülről a társak – akik közvetlenül nem férnének hozzá – is segíthetnek az erőkifejtésben. Ilyen helyzetekben a hordágy jó siklási tulajdonságú alja különösen előnyös. [15]

Ügyelni kell arra, hogy a hordágy a lehető legsimábban, zökkenő- és hullámzásmentesen haladjon, a fej lehetőleg a legmagasabban legyen, és ne szorítsuk neki a falnak. Törekedni kell arra, hogy a beteget a lehető legnyugodtabb környezetben és stresszmentesen szállítsuk. A beteg folyamatos orvosi monitorozása lényeges volt, különösen ebben az esetben, amikor az állapota percről percre változhatott. A legtöbb esetben elegendő volt a beteggel való folyamatos kommunikáció és az egyes megállóknál az orvosi vizsgálat. A szállítás szakaszait elsődlegesen orvosi szempontból kellett előkészíteni, a technikai megállók csak másodlagosak voltak. A 620 méter mélyen található bivakban egy olyan „sürgősségi osztályt” hoztak létre, ahol a vizsgálatok mellett a vértranszfúziót is biztonságosan el lehetett végezni, és a beteg, illetve az orvos pihentetése is biztosított volt.

A beteg állapota függőleges szakaszokon történő szállítás során is megkívánta volna, hogy a hordágy vízszintes helyzetben legyen, azonban ehhez a kürtők sokszor túl szűkek voltak. Alkalmazkodva a körülményekhez a mentőcsapat azt a megoldást választotta, hogy a függőleges szakaszokon a beteg mozgatása – mivel függőleges pozícióban történik – a lehető leggyorsabban valósuljon meg. Ezt csak nagyon pontos együttmű-

ködéssel, és a csapatok összehangolt munkájával lehetett végrehajtani.

A függőleges szállítás az egyik legkomplexebb feladat a mentésben, amelyhez jól kiépített pálya és összehangolt működtető csapat szükséges. Ez a legveszélyesebb, egyben a legtöbb tévedési lehetőséget rejtő művelet, ezért sokszoros túlbiztosítással kell dolgozni, mivel egyetlen apró hibának is végzetes következményei lehetnek.

A pályákat a beszerelő csapat építi ki. (A Morca-barlangból történt mentés során a Magyar Barlangi Mentőszolgálatnak számos ilyen feladata is volt.) A beszerelő csapat szállítja magával a fúrógépeket, a rögzítőcsavarokat, a karabinereket, a gépeket és a teljes kötélmennyiséget. A mentés során a barlang hatalmas méretei miatt nem lehetett a teljes felszerelést levinni, ami elég lett volna a mentőpálya teljes kiépítésére (az 1040 méter mélyen lévő bivaktól a felszínig). Ennyi felszerelés a mentésben részt vett szervezeteknek összesen sem állt a rendelkezésére. Ezért a mentés és a kiépítés részeit párhuzamosan kellett végrehajtani. A mentőpálya kiépítése a barlang alján kezdődött, és a beszerelő csapatok több hosszabb vertikális szakaszt is kiépítettek. Az alapcsavarok elhelyezése tovább folytatódott, mert azokból szerencsére elegendő mennyiség állt rendelkezésre. A többi felszerelés (kötél, gépek, karabiner) mennyisége azonban korlátozott volt, így a mentést úgy kellett kezdeni, hogy a pályát csak pár száz méter szintben tudták kiépíteni.

Miután a beteg áthaladt az adott pályaszakaszon, a hátul maradt men-

tők lebontották a pályát, elcsomagolták a felszerelést, majd előresiettek, megelőzték a hordágyat, és a beszerelt pálya végénél elkezdték a következő szakasz kiépítését. Ehhez nagyon pontosan kellett időzíteni a mozgást és a beteg pihentetését, hogy az előzéshez szükséges megálló időtartamát minél rövidebbre csökkentsék. A beteget általában az alatt az idő alatt vizsgálta és látta el az orvos, amikor stabilizálták az állapotát, vérplazmát, gyógyszeres kezelést stb. kapott. Ezeknél a műveleteknél nagyon jól kell gazdálkodni az emberi erőforrással, mivel a barlangi mentők egyszerre végzik a beteg mozgatását, a pálya lebontását és a pálya kiépítését. A napok óta a barlang mélyén dolgozókat a felszínről kipihent állománnyal kell leváltani. A felszínen sokkal hatékonyabb a pihenés, a táplálkozás stb., de ezek biztosítása sok esetben még a legszigorúbb tervezés és ütemezés esetén sem oldható meg. Csapatunkból többen is 38 órát egyhuzamban, ilyen feltételek mellett voltak kénytelenek dolgozni lent a barlangban.

A hordágy kötélen való mozgatásakor általában háromféle megoldást alkalmazunk. Az ellensúlyos felhúzást, a visszafutást gátló húzórendszert (Flaschenzug – „csigasort alkalmazó”) és a feszített kötélhídon történő szállítást. Bejárati aknából való kiemelésnél, amikor már nem tudjuk a felső kikötési pontot az akna fölé helyezni, akkor a feszített hidat kiegészítjük egy pozícionálható kikötéssel (ún. „futómacska”). A törökországi mentés során ezeket a rendszereket tömegesen, egymás után felváltva, illetve kombinálva kellett alkalmazni.

Felhívjuk a figyelmet, hogy a következőkben említett módszereket alkalmazni vagy kipróbálni nem kiképzett állománnyal igen veszélyes, a hibáknak súlyos következményei lehetnek! [15]

AZ ELLENSÚLYOS FELHÚZÁS

A függőleges szakaszokon az egyik legtöbbet használt és leghatékonyabb mozgatási módszer az ellensúlyos felhúzás. Ehhez szükséges a legkisebb befektetett munka és a legkisebb emberi erő. Továbbá ez a technika egyenes és sima mozgatást biztosít, ami a beteg szempontjából a legjobb. Kivitelezése azonban a legnagyobb gya-

korlatot és együttműködést kívánja. Ha rosszul hajtjuk végre a műveletet, sérülés vagy akár a hordágy és az ellensúly szerepét játszó személy leesése is bekövetkezhet.

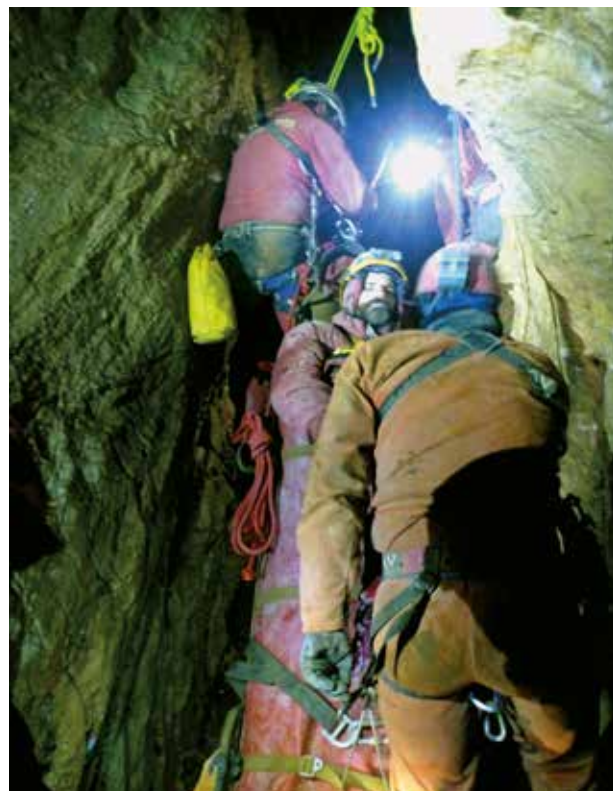
Az akna tetejére egy hármast kikapcsoló pontba fűzött teherelosztó kikötést szerelünk. Erre azért van szükség, mert a rendszerben egyszerre legalább három ember fog függeszkedni. A három kikötési pontot úgy kötjük össze egy kötélgyűrűvel, hogy az a terhelésnek megfelelően irányba be tudjon állni, és ha akármelyik kikötés kiszakadna a falból, a másik kettő biztosan megtartsa a rendszert. A kötélgyűrűbe középre, egy nagy méretű (HMS) karabinerbe egy nagy teherbírású csigát illesztünk, amelyen átvezetjük a húzókötelet. A kötélt egyik végére a hordágyrögzítő karabineren keresztül a hordágyat akasztjuk, ez kerül az akna aljára, míg a másik végére – amely az akna tetején a csiga mellett található – rögzítjük az ellensúlyt. Az ellensúly szerepét mindig egy olyan barlangi mentő tölti be, akinek a tömege közel megegyezik a hordágy és a sérült együttes tömegével. Nagy tömegű sérültnél az ellensúlyra további szállítózsákokat akaszthatunk, hogy kiegyenlítsük a súlykülönbségeket. Az egész rendszert a csigánál függő irányító személy („kontroller”) működteti. Az ő feladata, hogy saját erejével a súlykülönbségekből és a súrlódásból fellépő erőket kiegyensúlyozza, a felhúzást minél zökkenőmentesebbé tegye, és az egész műveletet levezényelje. Itt szó szerint az ő kezében futnak össze a szálak.

A hordágy kötéltre történő rögzítése és a függőleges helyzetbe való felállítás megkezdése előtt ellenőrizni kell a bekötéseket, a felállítás után pedig a beteg kényelmét. Ha a beteg panaszkodik, akkor módosítani kell a rögzítéseket, hogy minél kevesebb stresszt okozzon számára a művelet.

A felhúzási művelet elméletben elég egyszerűen működik. Az ellensúly és a kontroller beszáll a fenti csigához, mindketten saját kikötésükkel biztosítják magukat. A hordágyat felrögzítik a húzókötéltre, és a kikötési pontját a lehető legmagasabb helyzetbe hozzák, azaz felállítják a hordágyat (18. ábra). Ezt már az ellensúlyt képező

barlangi mentő fentről segítheti a saját mászógépeivel, majd elkezdhet helyben mászni a kötélen, míg a hordágy teljesen a levegőbe kerül és a kötélt két vége terhelés alatt lesz, ezzel létrejön a kiegyensúlyozás. Ekkor az ellensúly kiakasztja magát a biztosításból, és a gépein keresztül teljesen ráterhel a csigán átfutó kötéltre. Ez egy kritikus mozzanat, mert ha a kötélt akármelyik része még terheletlen, vagy a rendszer bármelyik eleme hiányzik, akkor kontrollálhatatlanul elindulhat az egyik fele, és leeshetnek a résztvevők. Miután a felhúzás megkezdődik, a kontroller szabályozza a kötélt mozgását, vagy fékezi, ha nagyobb tömegű az ellensúly, illetve húzza, ha kisebb. Amikor a hordágy és az ellensúlyt képező barlangász találkoznak, ez utóbbi átveszi a hordágyat a hordágy felé a kiemelőponthoz, az ellensúly is leér a talajszintre. Ekkor a hordágyat átakasztják a következő szakasz húzóágába, vagy kiemelik az aknából, miközben az akna alján lévő ellensúly a saját ereszkedőgéppel biztosítja és szabályozza a következő művelet átvételéig a hordágy mozgását. [15; 66–72. o.]

Az ellensúlyos rendszert egymás után is lehet alkalmazni, pl. olyan nagy aknában, ahol csak több szakaszban lehet felhúzni a beteget. A törökországi mentésnél három, illetve egy helyen négy egymás utáni ellensúlyos felhúzórendszert is kellett alkalmaznunk a nehezebben átjárható kürtöknél.



Az ellensúlyos felhúzórendszer beszerelésekor – mivel előfordulhat, hogy jóval a használat előtt fel kell raknunk az eszközöket –, pontosan meg kell jelölni a lenti kötélvégeket, hogy melyiknek mi a funkciója (ezeket szabvány írja elő). Használat előtt és akár utána is a köteleket rögzítjük a kikötésnél, így a két szabad fix kötélszár segítséget nyújthat a közlekedés során, a hordágy előzésekor.

A művelet végén az ellensúlyt képező személy és a lent lévő kezelősze-

17. ÁBRA. Ellensúlyos felhúzórendszer alkalmazása a törökországi mentésnél. Ellensúly, fent a kontroller, és a hordágyban a beteg, Mark Dickey, amerikai barlangkutató



18. ÁBRA. Sok segítő szükséges a kürtő alján, hogy biztonságosan elinduljon a felhúzás (pillanatkép a törökországi mentésből)



19. ÁBRA. A „tiroli” híd feszítési mód alkalmazása a beteg vízszintes szállításánál

mélyzet felmászik, leszereli és szállításra összeráolja a felszereléseket, hogy a további részeken egyszerűen és gyorsan újra össze tudja állítani a rendszert.

HÚZÓRENDSZER

Magyarországon a német Flaschenzug (csigasor) az elterjedt neve ennek a húzórendszernek, angolul „Z” Rig-nek nevezik. A Flaschenzug a leg egyszerűbben összeállítható csigasor, amely a legkevesebb eszközt (gépet) használ. A kikötéseket itt is célszerű triplázni, de alárendeltebb helyeken a dupla ringes kikötés is alkalmazható. A rendszer egy visszafutásgátlóból, egy húzógépből és néhány karabinerből áll. A visszafutásgátlót összeállíthatjuk egy egyszerű csigából és egy blokkológépből (22. ábra), valamint egyetlen önzáró ereszkedőgépből. Az első esetben sokkal jobb a rendszer hatásfoka, de bonyolultabb az összeállítása, és több gép szükséges hozzá. Amennyiben a húzást le kell eresztetni (valamilyen probléma miatt visszafelé kell működtetni), akkor ez a művelet nehezebben kivitelezhető.

Az ereszkedőgépes visszafutásgátlós technika alkalmazása során a rendszer nagyobb terhelést tud felvenni, a visszaeresztés a blokkolást kiiktató kar működtetésével azonnal megoldható, összeszerelése egyszerűbb és gyorsabb, valamint csak egy gépet igényel. Hátránya,

hogy az ereszkedőgép kicsit nagyobb és drágább, valamint a rendszer hatásfoka a nagyobb súrlódások miatt rosszabb.

A rendszer előnye, hogy kizárólag olyan gépekből állítható össze, amelyeket a barlangban mindenki használ, így beszerzésük egyszerű és a rendszer működtetéséhez szükséges kiképzés ezért gyors. A Flaschenzug teljes eszközparkja kis tömegű és kis térfogatú, így egyszerűen szállítható, továbbá használatához szabványos barlangi kötelek szükségesek. A rendszer működtetéséhez elegendő 2-3 fő. A húzás során a húzószálat a csigarendszer erősokszorozó hatása miatt jóval könnyebb működtetni, az eszközzel hosszú távon, lényeges kifáradás nélkül nagyobb teher is felemelhető. Az erősokszorozás az alkalmazott gépektől függően 2,4–2,6-szoros (elvileg 3-szoros lenne, de a súrlódási veszteségek miatt ez az érték csökken).

Ezt a módszert biztonságos felhúzás esetén és aknából való kiemeléskor, továbbá ferde szakaszon történő szállítás biztosításakor alkalmazzuk. A rendszer nagyon biztonságos, mivel akármi történik a húzószemélyekkel – még ha el is engedik a kötelet –, a visszafutásgátló azonnal megfogja a hordágyat, így az nem rándulhat meg, és nem eshet vissza. A rendszer hátránya azonban, hogy a szakaszos húzások miatt a hordágy (és benne a beteg) periodikus gerjesztést kap,

aknában történő mozgatáskor erre még a húzásra merőleges transzverzális lengés is superponálódhat, amely a beteg állapotát ronthatja, a rosszullétét fokozhatja vagy idézheti elő. Ekkor a hordágyat stabilizálni kell vagy a húzás megszakításával, vagy a kísérő személy beavatkozásával, vagy vezetőkötel feszítésével. A Morca-barlangból történő mentés során megszámlálhatatlan ilyen fajta húzást kellett alkalmazni. [15; 58–62. o.]

A FESZÍTETT KÖTÉLHÍD, AZ ÚN. „TIROLI” HÍD

Olyan esetekben, amikor a hordágyat vízszintesen vagy enyhén lejtősen, mélységek felett kell szállítani, célszerű hidakat használni. Amikor a beteget a szemközti falhoz kell szállítani, de az utat akna keresztezi, vagy a terem alja túl mélyen fekszik ahhoz, hogy a hordágyat egyszerűen és belátható időn belül le- és felszállítsuk, ugyancsak alkalmazhatunk feszített hidakat. (15.; 19. ábra) A hidat szabványos kötélből építjük ki, amellyel a két fal közötti távolságot kívánjuk áthidalni. Mindkét végén hármastherelosztót kell alkalmazni a nagy terhelések miatt. A híd egyik végét olyan csomóval kell ellátni, amelyet szükség esetén szabályozottan le lehet engedni, hogy a hidat meglazíthassuk. A híd másik végét feszítő rendszerrel kell ellátni. Erre több mód is kínálkozik, azonban az egyszerűség és a megbízhatóság szempontjából a legtöbb esetben önzáró, ereszkedőgépes, Flaschenzug megoldást alkalmazunk (15. ábra). Amikor a beteg megérkezik a hídhoz, a hordágy összes függesztőkarabinerét a még leengedett hidra akasztjuk. A hordágy fejrésznél lévő fő függesztőkarabinerébe az eresztő oldalon egy kikötött ereszkedőgépen átvett kötelet, míg a másik oldalon a híd szemközti végén bekötött Flaschenzug húzórendszert rögzítünk.

Ekkor feszítjük fel a hidat, a feszítő oldalon lévő önzáró ereszkedőgépen és egy húzórendszeren keresztül, míg a hordágyat a szállítók emelik. Ügyelni kell arra, hogy a híd megfelelően feszes legyen, mert ha túl nagy a belógása, akkor nehezen lehet rajta mozgatni a hordágyat. Azonban kiemelten ügyelni kell arra, hogy ne húzzuk túl a kötelet, mivel ha a kötel túl feszes,

tehát a kikötési pontoknál túl kicsi a belógás szöge, akkor teljes terheléskor akkora erők is felléphetnek a hídban, amelyek akár a rögzítéseket is kitéphetik a falból, illetve elszakíthatják a kötelet. Még veszélyesebb, ha a hídon az orvosnak együtt kell haladnia a beteggel, illetve, ha több embernek kell egyszerre a hídon tartózkodnia. Ilyenkor inkább a belógást engedjük meg – minden abból eredő problémával együtt –, mintsem a túlfeszítést.

A hídon történő mozgatás kivitelezése egyszerű. A felfeszítés után az induló oldalon megkezdik az ereszdőgépen az eresztést, míg a másik oldalon a húzórendszerrel a hordágyat kezdik húzni. Mivel a húzókötelet mindkét falhoz rögzítik, így az – biztonsági szempontból – egy második hídként is funkcionál (19. ábra). Amikor a hordágy átér, és a megfelelő aljzat is a rendelkezésünkre áll, a híd leereszthető, és arról a hordágy egyszerűen leasztható. Ha erre nincs lehetőség, akkor a hordágyat a következő húzórendszerbe akasztják. Miután azt megfeszítették, a hordágy emberi erővel megemelve leaszthatóvá válik a hídról. A hidat ekkor visszahúzzhatják, míg a másik oldalon lévő hordágy szállító csoport is átjön rajta. [15; 90. o.]

AZ AKCIÓ UTOLSÓ FÁZISÁNAK (A BETEG SZÁLLÍTÁSA) MEGSZERVEZÉSE ÉS VÉGREHAJTÁSA

A beteg mozgatásának ütemezését, az akció utolsó szakaszát, a mentés barlangi vezetősége szervezte meg. Ezen a ponton a felszíni szervek egyáltalán nem szóltak bele a folyamatba. A barlang részeit felosztották a mentőcsapatok között, létszám, nemzetiség és felszerelés-képesség arányában. A döntést a vezetőség hozta, amely a mentőszervezetek vezetőiből és a mentés parancsnokából állt. A barlangot, a térkép alapján függőleges irányban tagozták fel. [16] A magyar kontingens számára két különálló részt jelöltek ki a barlang különböző mélységű részein, amelyek a mentés során a teljes bejárati szakasszal is kiegészültek. Az eredeti tervek szerint a kiépítést és a pálya működtetését is ugyanannak a csapatnak kellett volna megoldania, de

a mentés során ez az elképzelés részben megváltozott. (A bejáratközeli, legutolsó szakaszon például mindenki, aki még bírta, csatlakozott a műveletekhez.)

A szakaszokat és a leszállás időpontjait a vezetőség határozta meg, azonban a szakaszokon belül már az egyedi mentőszervezetek saját maguk végezték az erőforrás-tervezést és a beosztásokat. A Magyar Barlangi Mentőszolgálat így két nagyobb, és egy kisebb csoportot hozott létre, illetve tartalékállományt is tervezett. A tervek szerint 650 m-től 450 m-ig, és 300 m-től 120 m-ig terjedt volna a kiépítés és szállítás szakasza, amelyet a magyar csapat végzett volna. A végső szakaszon, a bejárat közelében – a nemzetközi szokások szerint – a hazai, török mentőcsapat végezte volna a szállítást. A magyar csapat a kiépítést és az alsó részekben a szállítást is végezte, közösen a horvát kollégákkal. Azonban a többi csapatoknál mutatkozó emberhiány miatt, az első részekben (900-tól 680 m-ig) is be kellett csatlakozni a szállításba. A legfelső szakaszon pedig a török fél kérésére a magyar csapat vette át mind a kiépítést, mind a mentés irányítását. Törökországnak nincs gyakorlott barlangi mentőszervezete, így ők önállóan nem tudták elvégezni a feladatot; a rendelkezésünkre bocsájtott emberállománnyal azonban nagyon jól tudtunk együtt dolgozni. Az útmutatása-

inkat precízen végrehajtották, és így nagy hatékonysággal sikerült leküzdenünk az utolsó szakaszok akadályait. A kijárat akna körzetében a nagy külső hőmérséklet-ingadozás a sziklafalat nagyon törékennyé és instabillá tette. Biztos, nagy teherbírású kikötési pontokat alig lehetett találni. Csak olyan húzórendszer volt alkalmazható, amelynek kikötési pontjait az aknától jóval távolabb, a szilárdabb kőzetbe lehetett rögzíteni. A kijárat aknánál ezért magyar-horvát együttműködés keretében egy biztonságos feszített hidas, középen pozícionált, ellensúlyos kiemelőrendszert építettünk ki, és a mentési műveleteket is a két csapat végezte. (21. ábra) Az utolsó kiemelési mozzanatokot, a megfelelő baráti együttműködés keretében, a török kollégák hajtották végre. Így került ki a beteg az akna szélére, ahonnan a török társaink hordágyon, kézi erővel beszállították a felszíni táborban felállított kórházsátorba.

A beteg alapos átvizsgálása közben megérkezett a török légierő Airbus H215M (Eurocopter AS532) típusú mentőhelikoptere, ami további szakellátásra elszállította a beteget. Ez a művelet még teljes sötétségben, hajnal előtt történt. A török légierő a mentés hete alatt számtalanszor elgyakorolta a helikopteres leszállást nappal és éjjel is. A táborban a mentők pihenését nem segítette, amikor egy este folyamán félóránként a le- és felszállást gyako-



20. ÁBRA. Egy technikai megálló - a beteget a mentők saját testükkel védik és melegítik (pillanatkép a törökországi mentésből)

21. ÁBRA. A barlang kijárati aknájánál alkalmazott komplex felhúzórendszer kiépítése, a kötélhid közepén már elhelyezkedett a kontroller, és az ellensúlyt képező barlangász



rolta a helikopter személyzete. A gyakorlat azonban kifizetődött, mivel a légi mentők minden gond nélkül el tudták szállítani a beteget a kórházba.

A sajtó már régen hírül adta a világnak a sikeres mentésről szóló információkat, amikor a mentők többsége még mindig a barlangban tevékenykedett. Sokan még a bejárati akna alján álltak, amikor hallották, hogy a helikopter megérkezik, majd felszáll. Csak órákkal a beteg kiemelése után sikerült az utolsó személynek is kijutnia a barlangból.

A Magyar Barlangi Mentőszolgálat és a Bakonyi Barlangi Mentőszolgálat tagjai számára azonban még nem fejeződött be a munka. Mivel a végső szakaszért a magyar csapat volt a felelős, ezért a mentés alatt nem volt se idő, se lehetőség kihozni a felszereléseket. Így az utolsó nap két, egyenként 6 fős csoport szállt le 500 méter mélységbe, hogy kiszerezje és kihozza a mentőfelszereléseket, továbbá egy 3 fős csoport leereszkedett még 700 méterre, az ott hagyott orvosi műszerekért.

A csapat, amit csak lehetett kihozott, de még így is több millió forint értékű kötél és kikötési felszerelés maradt odabent. Az egyik legnagyobb veszteséget az a több kilométer hosszú telefonkábel jelentette, amelyet nem volt lehetőség fölszedni. Ez a művelet még néhány napot vett volna igénybe, de a török hatóságok erre már nem adtak engedélyt. A Morca-barlangot a hírek szerint lezárják, és egy jó ideig senki sem kaphat a történetek után engedélyt a leszállásra.

Az utolsó nap a felszerelések csomagolásával és a szállításra való előkészületekkel telt, majd a török hatóságok megszervezték a csapat repülőterre történő kijutását.

A hazautat ismét a Magyar Honvédség Légiszállító Századának és az Airbus A319-es repülőgépének köszönhetjük, akik a csapatot Antalyából Budapestre szállították. Budapesten Lőrincz Gábor dandártábornok, a MH Szárazföldi Parancsnokság parancsnoka fogadta a mentőcsapatot.

NÉHÁNY ADAT A MENTÉS RŐL

A beteg szállítása, 2023. szeptember 8-án, 16 óra 30 perckor kezdődött 1040 méteres mélységből, és hosszabb megállás nélkül, egészen feljutott a -680 méteren lévő bivakig, ahol vérátömlesztés, és az utána következő pihentetés miatt meg kellett szakítani a szállítását. Onnantól kisebb-nagyobb megállókkal már folyamatosan haladt a hordágy. (20. ábra) A barlangi mentőknek az egész akció alatt több mint 150 különböző, függőleges és vízszintes kötélpályaszakaszt kellett leküzdeniük. A felfelé haladás üteme átlagosan 17,5 m/h volt. A mentés során közel 160 fő dolgozott lent a barlangban, amelynek eredményeként a beteg 57 óra alatt jutott a felszínre. A barlangi mentésben 8 országból 159 barlangi mentő vett részt. Olaszország 46, Törökország 30, Magyarország 29, Horvátország 22, Bulgária 18, Lengyelország 6 fővel járult hozzá a mentéshez, amely kiegészült 4 amerikai és 4 romániai barlangásszal, akik nem voltak mentők. [16] A felszínen 38 fő: AFAD 18, JANDARMA 11, UMKE (Török Országos Mentőszolgálat) 8 fő biztosította a logisztikát, a tábor védelmét és az egészségügyi ellátást. A Magyar Barlangi Mentőszolgálattól 26, a Bakonyi Barlangi Mentőszolgálattól 3 fő dolgozott a barlangi műveletekben. Összeségében a magyar csapat 1700 munkaórát dolgozott, és függőlegesen 520 méteren át segítette a beteg szállítását: a mély szakaszokon (-900 m-től -700 m-ig) csak kis létszámmal, de előfordultak olyan hosszú szakaszok, ahol a magyar csapat volt a vezénylő, és nagy részben a végrehajtó is. A mentés során több mint 4 km hosszúságú kötelet, százak kikötést, és számos gépet, több fűrógépet, több tíz akkumulátort és sok kilogramm repesztőanyagot használtunk fel a barlangban.

ÖSSZEZÉS, TANULSÁGOK, KÖVETKEZTETÉSEK

A mentést nehezítő és a kutatócsoportot terhelő körülmények:

A barlangász megbetegedését nem róhatjuk fel senkinek, mivel hirtelen történt, minden előzmény nélkül. A barlangász felkészült volt, és semmilyen előzetes orvosi vizsgálat nem mutatott ilyen lehetséges megbete-

tegedést. A kutatócsoport azonban megszervezhette volna úgy az expedíciót, hogy az biztonságosabb legyen, és egy adott baleset esetén a kockázatok kisebbek legyenek. A barlang nem volt biztonságosan és könnyen járhatóra kiépítve. A kötélpályák hiányosak, nehezen használhatók voltak, a szűkületeket veszélyesen szűken hagyták. Nagyobb baj, hogy a felszíni ügyelet nem volt megfelelően megszervezve, a személyzet sem szakmailag, sem technikailag nem volt kiképezve a feladata ellátására. Így történhetett, hogy nem ellenőrizték a telefontelep feltöltöttségét. A telefonos kommunikáció csak a barlang feléig volt kiépítve, amely jelentős rizikófaktort jelentett mind a kutatás, mind a beteg ellátása, mind a mentés szempontjából. A felszíni kommunikáció sem volt megfelelően kezelve. A barlang helyszíne nagyon messze esett a legközelebbi nagyobb várostól, ezért a gépjárműves logisztika és a sürgősségi utánpótlás túl sok időt vett igénybe. Ezek a problémák nagyban késleltették az orvosi segítségnyújtást, és a mentés elkezdését.

A MENTÉS SIKERESSÉGÉNEK OKAI

Szerencsére minden nehézség ellenére a vészhelyzetben a szükséges információ valahogy eljutott a megfelelő helyre. A Magyar Barlangi Mentőszolgálat telefonos ügyelete 24 órán ke-

resztül működik, így a segélykérés célba ért. A mentőszolgálat rendelkezik megfelelő orvosi és szakmai kompetenciával, valamint megfelelő nemzetközi kapcsolatokkal, így képes volt elindítani a segítségnyújtási folyamatot. Kiemelkedően fontos volt, hogy az orvosi csapat a legrövidebb időn belül a megfelelő szakemberekkel, felszereléssel készen álljon, és képes is legyen időben a helyszínre érkezni. A megfelelő diplomáciai együttműködésnek is kulcsszerep jutott, különösen a magyar fél részéről, mivel az egész mentőfolyamat elindítása a Külgazdasági és Külügyminisztérium segítségével, Magyarország Ankarában működő nagykövetségének közreműködésével történt. Lényeges volt a török kormány szervezetek megfelelő hozzáállása, felmérték a helyzet súlyosságát, és megfelelő döntéseket hoztak az együttműködéssel kapcsolatban. A nemzetközi csapat gyors összeállítása és a helyszínre juttatása kritikus fontosságú volt a mentés sürgősségének szempontjából. Kiemelt jelentőséggel bírt, hogy a helyszínen kellő létszámú és szakmai tudással rendelkező személyzet állt rendelkezésre. Lényeges volt, hogy a török hatóságok megtették a szükséges lépéseket, intézték a határon való beléptetést, a repülőtérrel a barlanghoz történő, majd onnan a visszautazást, valamint a tábor működtetését, a barlangi mentők ellátását, a logisztikát,



22. ÁBRA. „Flaschenzug” – a kötélt visszafutását gátló húzórendszer

a tábor védelmét, az egészségügyi ellátást, így a mentőknek csak a saját feladatukkal kellett foglalkozniuk. A Honvédelmi Minisztérium és a Magyar Honvédség jelentős támogatásával a Magyar Barlangi Mentőszolgálat harmadik hullámaként érkező 20 fős csapat és a teljes felszerelés időben a helyszínre érkezett.

A beteg általános fizikai állapota alapvetően jó volt, tapasztalt barlangászként fel tudta mérni a helyzet komolyságát, nem esett pánikba, és együttműködött a mentőcsapatokkal.

A felsorolt feltételeknek mind teljesülnie kellett ahhoz, hogy egy ilyen veszélyes mentőakciót különösebb veszteségek nélkül, annak ellenére sikeresen tudtunk megoldani, hogy a beteg túlélési esélyeit a mentés elején a szakemberek rendkívül alacsonyra becsülték.

A cikk leadása óta eltelt idő alatt Mark Dickey teljesen felépült. A Magyar Barlangi Mentőszolgálat által Aggteleken 2024. április 18–21. között szervezett nemzetközi mentőgyakorlaton és konferencián előadóként és a mentő-alájátszó állomány tagjaként is részt vett. A mentés nemzetközi visszhangja nagyon pozitív volt, a külföldi sajtó kizárólag elismerő cikkeket jelentett meg az esetről. A sikeres részvétellel a Magyar Barlangi Mentőszolgálat nagy nemzetközi elismerést szerzett, nemcsak a barlangi mentés területén, hanem hazánk számára is.

23. ÁBRA. A képen Mark Dickey (első sor, bal oldalt) már teljesen felépülve, a mentőtől társaságában látható, a Magyar Barlangi Mentőszolgálat által szervezett aggteleki nemzetközi mentőgyakorlaton

A cikk fényképeit Hajnal Ágnes és Zentay Péter készítette.



HIVATKOZÁSOK

- [14] PETZL NEST hordágy hivatalos honlapja. <https://www.petzl.com/INT/en/Professional/Harnesses/NEST> (Letöltve: 2024.1.16.);
- [15] Cave Rescue Manual, French Federation of Speleology, 2005, ISBN 2-7372-0123-3;
- [16] ECRA hivatalos honlapja: <https://caverescue.eu/> (Letöltve: 2024.1.16.).



29. ÁBRA. Túlzsúfolt előrevonási útvonalak
(Forrás: Fortepan / Hajdu Fedő Károly / 129133)

SOMKUTAS RÓBERT*

A NÉMET ALÁRENDELTSÉGBE LÉPTETETT MAGYAR KIRÁLYI I. GYORSHADTEST TEVÉKENYSÉGE

IX. RÉSZ

MAGYAR DANDÁROK A BUG FOLYÓNÁL –
PECSARÁTÓL A TROSZTANYECIG (1941. 07. 22.–26.)

A magyar királyi I. gyorshadtest két (páncélozott) felderítő-zászlóalja 1941. július 9-től a német Dél Hadseregcsoporthoz tartozó 2. gépkocsizó dandár alárendeltségében vett részt a Szovjetunió elleni hadműveletben. A szerző – elsősorban korabeli dokumentumok és csapatnaplók alapján – részletesen ismerteti az eseményeket. A sorozat korábbi részeiből az érdeklődő olvasók megismerték a Sztálin-vonal átlépését követő hadmozdulatokat és azok részleteit.

Az 1. gépkocsizó dandár július 20. és 22. között folytatta a harctevékenységét a német III. hadtest alárendeltségében. Ez idő alatt a gyorshadtest kötelékében lévő másik két dandárjával – a német 17. hadsereg

déli szárnyán – élcsoporthoz tartozó 2. gépkocsizó dandár alárendeltségében vett részt a Szovjetunió elleni hadműveletben. A szerző – elsősorban korabeli dokumentumok és csapatnaplók alapján – részletesen ismerteti az eseményeket. A sorozat korábbi részeiből az érdeklődő olvasók megismerték a Sztálin-vonal átlépését követő hadmozdulatokat és azok részleteit.

Július 21-én a késő esti órákban a hadtest újabb parancsot kapott az üldözés meggyorsítására, amely szerint a 2. gépkocsizó dandárnak július 22-én délig el kell érnie Tulcsin (*Tultschin*) városát, majd a nap végére Bersad (*Bershad*) városon keresztül Gejvoron (*Gejworon*) körzetéből Umany irányába kell folytatnia az előretörést.

A siker érdekében a 2. gépkocsizó dandárt megerősítették az 1. lovasdandártól kikülönített Révhegyi²¹-csoporttal, amely a 14. kerékpáros és az 1. lovaspáncélos zászlóalj, valamint a 3. gépvontatású tüzérsztály állományából állt, és 6 óráig beér-

kezett a dandárhoz. [61; 134–135. o.] [62]

Július 22-én 5 órakor a dandár 2. felderítő-zászlóalja megkezdte az előrevonást és a felderítési feladatok végrehajtását a Lucinyec (*Luczyniec*)–Dzurin–Tulcsin menetvonalon Braclav (*Brazlaw*)–Gejvoron felé. Elővédésként a 6. gépkocsizó zászlóalj, majd a négy menetlépcsőre tagozódott főcsapat követte a felderítőlépcsőt, amely 6 órakor már Sarogradnál (*Szarograd*) járt.

Ez a menetrend-kialakítás – beleszámítva a kiküldött felderítőszervek távolságát is – megfelelő időt biztosított a felderítő-zászlóalj számára a felderítési feladatok (ellenség, terepviszonyok, akadályok) végrehajtására és azok időben történő jelentésére a zászlóaljparancsnoknak,

* Ny. alezredes. ORCID: 0000-0002-3746-9588

²¹ Révhegyi Ferenc Budapest, (1888. augusztus 3. – Budapest, 1957. október 10.) 1941. május 26. és augusztus 18. között az 1. lovasdandár páncélos zászlóalja csoportjának parancsnoka a magyar királyi I. gyorshadtest ukrainai hadműveletében.



30. ÁBRA. A felderítő-zászlóalj Csaba páncélgépkocsijai a csapatok előtt
(Forrás: Képes Vasárnap 1941. év 32. szám)

valamint az előljáró felé. Ezzel a megfelelő reaklási idót is biztosították a parancsnokok számára az ellenség elleni manőverek, a szétbontakozás és a tűzrendszer-megszervezési és -kiváltási feladatok végrehajtására. Az elővéd viszonylagos közelsége biztosította, hogy a harcba bocsátkozó felderítő-zászlóalj gyors megerősítést kaphasson egy nagyobb erejű ellenséges erővel történő találkozás esetén.

A felderítőerők és az elővédzászlóalj 8 óra körül egy Tulcsin felé tartó, 15-20 harcokocsival és tűzérsséggel megerősített szovjet vegyes menetoszlopot, majd egy órával később Spikovnál (*Schpikow*) egy másik harcokocsikkal megerősített szovjet köteléket fedtek fel. A tűzérsséggel megerősített elővédzászlóalj ekkor támadásba lendült, sikeresen kiszorította a szovjet csapatokat a területről, és elfoglalta Spikovot. A keletre húzódó erdő átfésülése után, új elővédként a három üteggel megerősített 5. gépkocsizó zászlóalj folytatta előretörését Tulcsin felé.

A 2. felderítő-zászlóalj erői 17 óra körül Spikovtól 12 km-re délkeletre, Kopijevkánál (*Kopijewka*) újra ellenállásba ütköztek. Az új elővédzászlóalj szétbontakozott, kijutott a falu előterébe, és biztosította a területet. A dandár az éjszakát a Spikov és Kopijevka közötti területen töltötte, és felkészült a település másnapi bevételére.

A harci nap során a csapatok mintegy 80 foglyot ejtettek, valamint 3 harcokocsit, több géppuskát, aknavetőt és tehergépkocsit zsákmányoltak. A 2. gépkocsizó dandár vesztesége 5 halott és 18 sebesült volt. [61; 135. o.]

A harcok során a hadtest tevékenységi sávjából kiszorult 1. lovasdandár

a következő nap feladatául a Tulcsin – Sarogrod területére történő begyülekeztetést kapta, amit másnap a délelőtti órákban kellett volna megkezdenie. [61; 134. o.] Azonban az előrevonási útvonalak túlsúfoltsága miatt (délen a román, északon a német csapatok) a katonai egységek feltorlódtak. A kialakult helyzet miatt a beérkeztetés lehetetlenné vált, ezért Dzurintól keletre határozták meg a gyülekezési körletüket. A zsúfolt utak miatt csak a sötétség beálltával, egy hosszan tartó, fárasztó, a lovak állapotát erősen megviselő (nyeregnyomás, sántaság) 51 kilométeres menet után tudták elfoglalni azt. [61; 136. o.] A gyorsadtest parancsnoksága is előretelepült Sarogrodra.

Késő éjszaka egy újabb parancs érkezett, amely a hadtest csapatait július 23-án 0 órától az adott helyzetükben megállította és állományrendezést határozott meg. [61; 136. o.] A váratlan pihenőt a gyorsadtest beszűkült tevékenységi sávja és a délkeleti irányba forduló III. hadtest összetorlódása miatt rendelték el.

Az 1. gépkocsizó dandár a Bug folyó mentén Rogoszna (*Rogosna*) – Pecsara térségében harcoló szovjet utóvédek ellenállásának megtörését követően újra magyar alárendeltségbe került, és bevonult az elfoglalt Pecsara városába, ahol a katonákat elszállásolták. [61; 135. o.]

A 2. gépkocsizó dandár parancsnoka július 23-án hajnalban kapta meg a parancsot a megállásra, de mivel a Kopjevka falu elleni támadás már folyamatban volt, ezért úgy döntött, hogy csak annak elfoglalását követően állítja majd meg a csapatait.

Az 5. gépkocsizó zászlóalj és a felderítő-zászlóalj 5 órakor megkezdtek a támadást, és birtokba vették a falut. A német csapatok beérkezését követően a parancsnok 10 óra felé adott parancsot az elszállásolásra a faluban.

A beérkező német 257. gyaloghadosztály parancsnoka személyesen kérte a 2. felderítő-zászlóalj páncélgépkocsi-századának támogatását Tulcsin bevételéhez, amelyet – a dandárparancsnok jóváhagyásával – közösen is foglaltak.

A nap folyamán az 1/3. „Puma” vadászrepülőgép-század 5 db Fiat CR.42 repülőgéppel fegyveres felderítést hajtott végre, amely során a szovjet légvédelem négy gépet eltalált. A század parancsnoka is megsebesült, de mind az öt gép vissza tudott térni a repterére.

Közben a X. közelfelderítő század és a VII. futárrepülő raj visszatelepült a honi repülőterükre. Váltásukra beérkezett az I. és III. közelfelderítő század légi lépcsője kilenc-kilenc darab Heinkel He 46, illetve Weiss Manfréd WM-21 Sólyom típusú repülőgépekkel. Már július 14-én leszálltak, azonban a földi lépcsők még „hadban álltak” „Sár tábornokkal” – a mostoha terep- és időjárási viszonyokkal –, hogy kijussanak repülőterükhöz. [62; 71. o.]

ÚJRA EGYÜTT A MAGYAR GYORSHADTEST

A harcok után a gyorsadtest parancsnoka kérte a 17. hadsereg parancsnokát, hogy csak a gyorsadtest alárendeltségében alkalmazza a magyar csapatokat, amit végül Stülpnagel tábornok jóváhagyott. Egyrészt addigra már meggyőződött a magyar csapatok

helytállásáról és öntevékeny magatartásáról, másrészt szüksége is volt a magyar gyorscsapatokra a hadsereg jobbszárnya elleni állandósult szovjet ellencsapások elhárítása érdekében. A Wehrmacht Dél Hadseregcsoportja Kijev irányú csapása lelassult, emiatt az 1. páncélos csoport déli irányba történő fordításával a támadás súlypontját az arcvonal közepére helyezte át.

A tervek szerint a német harcokcsoportosítás Umány várost keletről megkerülve bekeríti az ott harcoló szovjet Délnyugati Front erőit, ezáltal rést üthet a déli arcvonalon. A rés lezárásához szükséges szovjet erők átcsoportosításának kikényszerítésével felgyorsíthatja Kijev elfoglalását. A bekerítés belső gyűrűjének létrehozását a német 17. hadsereg kapta feladatául. [63; 27. o.]

A műveleti terv szerint a gyorshadtest a Bug mentén, Tulcsin, Bersad, Gejvoron, Pervomajszk (*Perwomajsk*) irányába előretörve, a folyó keleti partját megtisztítva, majd azon átkelve, a bekerítést végző 17. hadsereg hátának – a Gejvoron és Pervomajszk közötti terepszakasz – biztosítása, és a déli irányba előretörő 1. páncélos csoporttal való kapcsolat felvétele, valamint a Bug-kanyar közötti szovjet erők visszavonulási útjának elvágása lett. [63; 28. o.]

A tervek végrehajtásába azonban – nem először és nem utoljára – ismét beleszólt az időjárás, és annak terepre gyakorolt hatása a „raszputyica”. Az újra beköszöntő nagy nyári esőzések az amúgy is gyér úthálózatot rövidesen sártengerré változtatták. A korábban gyorsan előretörő német páncélosok a déli irányba történő fordulást követően (a fenti okok miatt) lelassultak, a napi előrevonási ütemük alig haladta meg a 10 kilométert. Az utakon a csapatoszlopok feltorlódtak, és a felázott terepen a nehéz technikával szinte lehetetlen volt előrejutni.

Július 17-én Mogiljevnel a 11. német hadsereg és az alárendeltségükben álló román erők is átkeltek a Dnyesz-

teren. Így az északkeleti előrenyomulásuk nyomán közvetlen összeköttetésbe kerültek a 17. hadsereggel, illetve a gyorshadtest erőivel. Mivel a 11. német hadsereg hadműveleti szünetet kapott, a gyorshadtest jobb oldali szomszédja immár a 3. román lovasdandár lett. [63; 28. o.] A gyorshadtest felvette a kapcsolatot a déli szomszéd román csapatokkal, ezzel elvileg megoldott volt a két hadsereg csatlakozásának a kölcsönös biztosítása, azonban – a román és a magyar nemzet közötti feszült viszony miatt – továbbra is nagy súlyt helyeztek a sávhatár átlépését szigorúan tiltó előírások betartására. [54]

Ezt követően a 17. hadsereg támadásának déli irányú átkarolási manővere jelentős módon megnehezült, és a gyorshadtest mozgásteret is jelentősen beszűkült.

Július 23-án a kora esti órákban a 17. hadsereg parancsnoka – a 2. gépkocsizó dandárparancsnok az LIII. hadtest és a gyorshadtest parancsnoka jelenlétében – a gyorshadtest vezetésével és a német csapatok közreműködésével elrendelte a váratlanul visszavonuló szovjet csapatok üldözésének megkezdését. (*A 17. hadseregnek nem volt másik gyors csapata! – S.R.*)

A dandár felderítő egységeinek már 23-án 22 órakor, míg a többségnek 24-én 4 órakor kellett átkelnie a tulcsini új hídon. A Révhegyi csoporttal megerősített 2. gépkocsizó dandár még este – rádióon közölt parancs nyomán – kiegészült a 3. gépkocsizó utászszázad és a 2. légvédelmi gépágyús üteg állományával.

A Dzurin kelet körzetébe begyülekeztetett 1. lovasdandár számára a parancs július 23–27. között 5 napi vasalási, felszerelés-rendezési és pihenőidőt biztosított, de elrendelte a hadtest déli szárnyának a dandár lovas részeivel történő biztosítását is.

A Sztojani (*Stojany*), Uliga, Pecsara (*Petschara*) körzetben pihentetést és feltöltéseket végrehajtó 1. gépkocsizó dandár számára ugyanakkor indulási készenlétet rendelt el.

A gyorshadtest harcálláspontja Nova-Ulicán települt.

A gyorshadtest repülői is előre települtek, az 1/3. repülőszázad Szutyinszki, az I. közelfelderítő század Bar, míg a III. Satavan (*Szatawan*) repülőterére. [65; 27. o.]

Július 24-én a 2. felderítő-zászlóalj hajnali 4 órakor a tulcsini hídtól megindult délkeleti irányba, Tulcsin, Bersad, Gejvoron felé. Az elővéd 4. gépkocsizó zászlóalj 30 perccel, majd a főerők él-lépcsője 90 perccel követte őket.

Az előrevonáshoz a légi felderítést – amely a mind szervezettebbé váló szovjet légvédelem miatt egyre nehezebbé vált – az 1/3. vadászszázad biztosította. Az előrenyomuló csapatokat – rádióösszeköttetés híján – gyors rácsapások végrehajtásával figyelemzették a búzatáblában jól álcázott harcokcsoport veszélyére. [65; 27. o.]

A hadműveleteket jelentős mennyiségű, különböző rendeltetésű és nemzetiségű repülőegység támogatta. Mivel a csapatmozgások jól észlelhetők voltak a levegőből, ezért – az esetleges „baráti légitámadások” elkerülése érdekében – elengedhetetlenül fontosá vált a különböző szövetséges nemzetek csapatoszlopainak jelölése. Ezért július 22-én a Magyar Királyi Honvédeg állományának is elrendelték, hogy legalább az élen haladó gép- és harcjárművek motorháztetejére szövetanyagból a magyar hadijeleket vagy magyar nemzeti zászlót helyezzenek fel. Ezt a kiadott parancs ad hoc jellege miatt a helyszínen található anyagok felhasználásával oldották meg. [66; 48. o.]

Az élen haladó felderítő-zászlóalj erői Klimasovkától (*Klimassovwka*) keletre erős ellenállásba ütközött, ezért a dandárparancsnok harcba vetette az elővéd zászlóaljat. Jelentették, hogy a feltételezettnél nagyobb szovjet erővel állnak szemben. A dandárparancsnok ekkor Benda ezredes²² parancsnoksága alá rendelte az 5. és a 6. gépkocsizó, valamint a 11. harcokcsoport zászlóaljából álló erőket (Benda-csoport) és feladatául szabta az egységek Annapol, kelet-Markovka (*Markowka*) területére történő átmanőverezésük után egy északra végrehajtott támadás megvalósítását. Az elővéd támogatására

31. ÁBRA. A Bug mellett vonuló román csapatok
(Forrás: Fortepan / Hajdu Fedő Károly / 129132)



²² Benda Antal ezredes (Arad, 1894. március 26. – Dombegház, 1957. augusztus 3.)

a dandár a tartalék 12. kerékpáros zászlóaljat is harcra vetette, de nem értek el sikert. A jobb szomszéd 3. román lovasdandárnak lehetősége lett volna a védők déli átkarolására, de mivel ők az ellenük irányuló szovjet ellenlökés előkészületeit észlelték, inkább gyorsan visszavonultak. [63; 29. o.]

A gépkocsizó dandár nehéz helyzetbe került. A szünet nélkül támadó zászlóaljaival csak estére tudták megtörni a szovjet csapatok ellenállását, miután Brenda ezredes csoportja a védők hátát veszélyeztette. A dandár a kialakult helyzetben az elért terepszakaszon megállt és biztosította azt, mivel – német tájékoztatás szerint – másnap a 101. könnyű hadosztály folytatja a támadást. [61; 138. o.]

Július 24-én az egyik pezsari szanatórium épületében települt – pihentetést és feltöltéseket végrehajtó – 1. gépkocsizó dandárparancsnokságra a padláson lévő üres víztartályban elrejtőzött szovjet katonák a tartály feltöltésekor a rejtékhelyükről tüzet nyitottak a parancsnokságon dolgozó katonákra. A padláson lévő tüzelőállásukat csak egy légvédelmi gépágyú hosszú sorozatával tudták felszámolni. A váratlan esemény három fő halott és öt sebesült veszteségébe került a parancsnokságnak. [67; 83. o.]

A dandár délután Nemirov (*Nemirov*) északi körzetében felkészült a bekerített szovjet erők esetleges kitörésének felszámolására, ezért a biztosító csapatokat közelebb vitték, és megkezdtek a nehezebb rakományok felmálházását. [68; 50. o.]

A nap végére a III. közelfelderítő század Martini Albert repülő százados parancsnoksága alatt beérkezett a Szutyinszki repülőtérré. [61; 139. o.]

Július 25-én a 2. gépkocsizó dandár Benda-csoportja (4., 5. és 6. gépkocsizó, és a 14. kerékpáros zászlóalj) 6 órakor felújította támadását Trosztanyec (*Trostjanjec*) felé. Ez idő alatt a 2. felderítő és a 12. kerékpáros zászlóalj állományából létrehozott Zádor-csoport²³ Kirnasovka keleti területét biztosította a szovjet erőkkel szemben. Az erős páncéltörő és tüzérségi tüzellel támogatott dandárharcscsoportok összehangolt tevékenysége végül kivetette állásaikból a szovjet

csapatokat, és kiérkeztek a Letkovka (*Letkowka*), Uljanica (*Uljaniza*) délkelet terepszakaszra. A kiküldött felderítő járőrök bevezették a felderítést a Bug folyóig és a délkeleti irányban is.

A Trosztanyecnél harcoló csoportosítás – mint később megállapították – a szovjet 18. és a 17. lövészhadtestek csapatrészeiből kialakított védelem bal szárnya volt, amit a 96. hegyi hadosztály 209. hegyilövészezrede biztosított. Ezek a seregtestek korábban már jelentős veszteségeket okoztak a német 17. hadsereg bal szárnyán támadó 125. gyalog-, a 100. és 101. könnyű hadosztályoknak. A gyorshadtest bal szárnyán harcoló német 101. könnyű hadosztály is kiérkezett a Bughoz, és Ladisinnél (*Ladyshin*) hídfőállást foglalt. A szárny biztosítására az egy üteggel megerősített 5/3. gépkocsizó századot jelölték ki. A dandár aznapi vesztesége 5 halott és 30 sebesült volt.

Az 1. gépkocsizó dandár számára másnap hajnali készenlélet rendeltek el egy Tulcsin – Demkov (*Demkow*) felé irányuló előrevonásra és a 2. gépkocsizó dandár felváltására.

A hadtestparancsnokság szűk törzse 18 órakor áttelepült Tulcsinba.

Július 26-án az 1. lovasdandár továbbra is folytatta a feltöltési és vasalási feladatait. A dandár a hadműveletek megkezdése óta mintegy 600 kilométert tett meg, 10 napig menetelt, 9 napot harcolt. A nagy igénybevétel és a nehéz terepviszonyok leküzdése miatt a rendelkezésre álló állomány egynegyede kiesett. A dandár nagyszámú lóhiánya miatt – a ló nélkül maradt huszárállományból – huszárezredenként egy-egy gyalogszázadot állítottak fel. [61; 140. o.]

A hadtestparancsnok hiába akarta már július 25-én előrevonni erőit a támadás felgyorsítása érdekében, a szünni nem akaró esőben és a sártengerrel borított, felázott utakon vég nélkül vesztelő német csapatok oszlopai miatt a két dandár közül egyik sem tudott kimozdulni a körletéből. [63; 19. o.]

A hadműveleti helyzet addigra megváltozott. A német 17. hadsereg zöme átkerült a Bug folyó bal partjára. Folyamatosan két-három szovjet hadosztálynyi erő támadta, és az Umanynál



álló szovjet erők is lekötötték. A gyorshadtest a folyó jobb partján maradt, és a folyó mellett délkeleti irányba történő előretörést, valamint a Bugkanyarban lévő ellenséges erők megsemmisítését kapta feladatául. [64]

A magyar csapatok jobb szárnyán előrevonást végrehajtó román csapatokkal az összeköttetés már létrejött, de ahogy a gyorshadtest vezérkari főnöke kapcsolatukat diplomatikusan megfogalmazta: általában barátságosak, „de támadó kedvet nem mutatnak”. [64] Egyedül a 3. román hadsereg lovas részei lettek volna képesek segítséget nyújtani a támadás fokozásában, ők azonban kijelentették, ha mások nem, akkor ők sem tudnak mozogni ezen a nehéz terepen. [63; 29. o.]

Zsedényi vezérkari ezredes megállapította, hogy a román csapatok által jelentett helyzethez képest mindig 10-20 km-rel lemaradtak. Az egész hadművelet alatt nem tudták elérni, hogy a magyar csapatok éléhez képest jobbra hátra lépcsőzött helyzetükből, azokkal egy magasságra felzárkózzanak. Így a gyorshadtest élén támadó seregtest jobb szárnya kb. 20-30 km mélységben állandóan veszélyeztetve volt. [64]

(Folytatjuk)

32. ÁBRA.
Kilőtt kételtű T-37A könnyű harckocsi Tulcsin körzetében
(Forrás: Fortepan / Horváth József / 265286)

HIVATKOZÁSOK

- [61] Várhalmi Iván. A m. kir. honvédség erőfeszítése a gépesítés területén 1920-tól – 1941. 06.-ig. A Kárpát-csoport, majd az I. gyorshadtest hadműveletei a Szovjetunióban 1941-ben Magánkiadás, 2012;
- [62] Andaházi Szeghy Viktor. A magyar királyi honvédség részvétele a Szovjetunió elleni támadásban (1941. június–december), Belvedere, Szeged, 2016;
- [63] Dr. Lengyel Ferenc. Az I. M. Kir. Gyorshadtest hadműveletei a Szovjetunió elleni háborúban (1941. július 9.–november 15.), Hadtörténelmi jegyzet, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Hadtörténelmi Tanszék, 1994;
- [64] Zsedényi Zoltán. A gyorshadtest hadműveletei Oroszországban, 1941 /Előadás az Országos Tiszti Tanszékben/, Budapest, 1942. III. 20., Kézirat, HIM HL 6577.

²³ Zádor Endre alezredes, a felderítő-zászlóalj parancsnoka.

SZATMÁRI ANDRÁS*

A MAGYAR LÉGIERŐ SZOVJET EREDETŰ SUGÁRHAJTÁSÚ REPÜLŐGÉPEINEK GÉPÁGYÚI 1951 ÉS 2010 KÖZÖTT

II. RÉSZ

* Főhadnagy, osztályvezető-helyettes, HM HIM Modern Lőfegyver Gyűjtemény, gyűjteményvezető. ORCID: 0000-0002-2402-8759

A hidegháborús időszakban a magyar légiereő a szovjet sugárhajtású repülőgépeket állította hadrendjébe, amelyek gépágyúfegyverzete a világ legjobbjai közé tartozott. A szerző tanulmányának első részében a Nudelman és Richter konstruktőrök nevével fémjelzett korszak (1951–1997) gépágyúit mutatta be. Részletesen kitért a 23 mm-es NSz–23, a 37 mm-es N–37D, a 23 mm-es NR–23 és a 30 mm-es NR–30 típusú gépágyúk jellemzőire.

A GRJAZEV–SIPUNOV GÉPÁGYÚK

23 MM-ES GS–23 IKERCŐVŰ GÉPÁGYÚ

A légi harc-rakéták térnyerésével hátterbe szoruló gépágyúknál – a nagy sebességkülönbséggel vívott légi harc miatt – továbbra is a tűzgyorsaság növelése volt a cél. A fejlesztés ezúttal elsődlegesen nem a vadászipülőgépekre irányult, hanem a bombázó-repülőgépek védelmi képességére. A 61. számú Kutatóintézet¹⁴ két mérnöke, Vaszilij Petrovics Grjazev és Arkagyij Georgijevics Sipunov, a csövek adogatószerkezeteit összekötő csuklós mechanizmusú gépágyú tervezésével

indultak az új gépágyú fejlesztésére kiírt pályázaton. A tervezők AO–7 munkanéven kezdték meg a fejlesztést a 23 mm-es VeJa–23 gépágyú lőszerére alapján. 1953-ra elkészült a gépágyú, viszont a pályázaton Aron Abramovics Richter 23 mm-es R–23 gépágyúja ért el jobb eredményeket. Hamarosan azonban bebizonyosodott, hogy a „győztes” fegyver komoly meghibásodási problémákkal küzd, ezért a gépágyúk fejlesztése folytatódott.

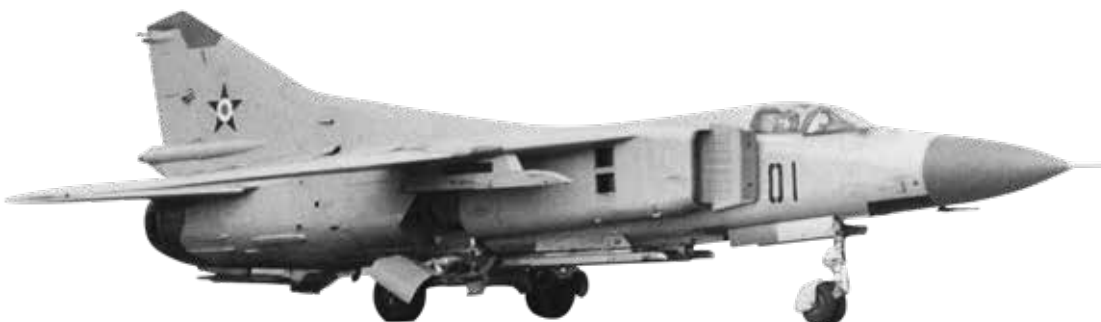
Az egycsővű rendszerek teljesítő-képességük határához közeledtek, így logikus lépés volt a csövek számának növelése. A csövek adogatószerkezeteit összekötő csuklós mechanizmus és a német 1917M 7,92 mm-es Gast ikercsővű géppuska működési elvének továbbgondolásával Grjazev és Sipunov folytatták a munkát. Az AO–9 munkanévi gépágyúhoz az N. M. Afnaszjev és N. F. Makarov által tervezett AM–23 gépágyú 23 mm-es lőszerét használták, amely méretre azonos volt az NSz–23 és az NR–23 gépágyú lőszerével, de a lövedéktömeg lecsökkentésével a teljesítmény megtartása mellett jelentős modernizáción esett

át. A gépágyú működő modellje, amellyel a működési elvet és a működtető rendszert vizsgálták 1954-ben, majd az első prototípus 1955-ben készült el.

Komoly feladatnak bizonyult az összekötő szerkezet megfelelő kialakítása és a működés szinkronizálása, ezért csak 1958-ban folytatták le a kísérleti belövést, majd 1959-ben a berepülést. A hosszú fejlesztés eredményes volt, hiszen a földi tesztek során elvégzett 28 000 lövés leadása során csak 4 elakadás történt. A sorozatgyártás 1959-ben megkezdődött, de az eszéköt – 9-A-472 kódnéven – csak 1965-ben rendszeresítették. A felmerülő probléma a nagy tűzgyorsaság miatt elsősorban a cső élettartama volt, amelyet főleg anyagválogatással, és gyártási technológiájának módosításával küszöböltek ki. Ez a gépágyú lényegében kettő darab gázélvételes gépágyú összeépítése egy tokszerkezetbe, ahol a lövés kiváltása a két csőben felváltva történik, a működéshez szükséges energiát pedig kétirányú működésű gázdugattyúval biztosítják a részegységek. Előnye, hogy a speciális működési elv miatt a klasszikus helyretelő és csillapító szerkezetek elhagyhatóak voltak, így jelentősen csökkentve a gépágyú tömegét. [18; 155–162. o.]

A gépágyú alternáló gázdugattyús rendszere billenőzáras reteszeléssel működik. Az akadályelhárítás piropatronnal lehetséges, amely a pilótafülkéből elektronikus indítású. A gépágyú három darab piropatronnal rendelkezik, amelyek egy önálló gázdugattyús rendszert működtetnek. A rendszer a két fő gázhenger között

8. ÁBRA. A Magyar Néphadsereg 01 oldalszámú MiG–23MF vadászipülőgépe (Hadtörténeli Múzeum, Fotógyűjtemény, 70706. számú kép)



¹⁴ Научно-исследовательский институт 61, НИИ-61, НИ-61.



9. ÁBRA. Roncs GS-23L géppágyú (Fotó: Illés András; Hadtörténeli Múzeum, Modern Lőfegyver Gyűjtemény)

helyezkedik el, és az adogatószerkezetnek adja át az energiát. A lőszer elsütése mechanikus, az elsütéshez szükséges erőhatást elektromos elsütőszerkezet biztosítja. Az ikercsövű géppágyú működésekor az adogatás és az elsütés a két cső tekintetében felváltva történik. Az adogatás széteső hevederből történik, közös adogatórendszeren keresztül. [15; 8–17. o.]

A hatalmas hátralökő erő (35 kN) és a nagy tűzgyorsaság miatt fellépő szinte folyamatos torkolattűz a repülőgépek sárkányszerkezetét károsíthatta. [15; 7. o.] A MiG-21MF és a MiG-21bis repülőgépek esetében a megoldás a repülőgépbe épített lángterelő volt. A MiG-23 típusváltozatokba és az UPK-23-250 géppágyú konténerbe önálló csőszájfékkel ellátott változat került. Ez három konfigurációban készült, és kettős feladatot látott el. Egyrészt csökkentette a hátraható erőt, másrészt elterelte a torkolattűzet a repülőgéptől. A GS-23L1 változat vízszintesen, a GS-23L2 függőlegesen és a GS-23L3 45°-ban lefelé irányultan elhelyezkedő kamrákkal kialakított csőszájfékkel készült.

Az üzemeltetés során a géppágyú tisztítása elvégezhető szétszerelés nélkül is. 500–600 lövés után részleges szétszerelés és alaposabb tisztítás, kenés szükséges, teljes szétszerelése és tisztítása 2000 lövés leadása után kötelező. Az 1969 után gyártott, megerősített hevedertagokat akár ötször is fel lehet használni. A Mi-24VM típusú harci helikopteren alkalmazott NPPU-24 konténerbe a vízűtéses változat (GS-23V) került. A géppágyú sokoldalúan felhasználható vadászrepülőgépeken, helikoptereken és bombázó-repülőgépeken egyaránt. A GS-23M modernizált változat nagyobb tűzgyorsaságú, csőszájfék nélküli szerkezet volt. [19; 163–166. o.]

A 8. ábrán látható MiG-23MF vadászrepülőgép esetében a GS-23L géppágyú a géptörzs alján helyezkedik

el, kissé a pilótafülke mögött. A géppágyú fölött, a pilótaülés mögött található a hevederszekrény, amely 200 darab lőszer befogadására alkalmas. A képen látható 01-es oldalszámú repülőgép 1979–1997 között állt a magyar légierő állományában.

A 9. ábrán látható géppágyú valószínűleg egy gyakorlat közben kényszerleszállást végrehajtott szovjet repülőgép maradványa. Sármelék térségében került elő, majd az MH 1. Tűzszerész és Folyamőr Ezred jóvoltából jutott el a Hadtörténeli Múzeumba. Jól megfigyelhető, hogy a bal oldali csőszájfék és a csőtorkolat mellső csatlakozó része is letört. Továbbá hiányzik a tokfedél és a teljes adogatószerkezet is,

a piropatronház, valamint az elektromos elsütőszerkezet a vezetékkel együtt.

30 MM-ES GS-301 GÉPPÁGYÚ

Az 1970-es évek elején a 23 mm-es GS-23 alapján fejlesztett 30 mm-es GS-2-30 ikercsövű géppágyú volt a repülőgépek fedélzeti csöves fegyvereinek új generációja, viszont a vadászrepülőgépek számára nagyon robusztus és nehéz volt. Az elsődleges felhasználása így a Mi-24P harci helikopter, illetve a Szu-25 csatarepülőgép fő fegyverete lett, és a vadászrepülőgépeken történő alkalmazást elvetették. A Grjazev és Sipunov által a Gépészeti Tervezőirodában¹⁵ vezetett fejlesztőcsoport ajánlatot tett egy könnyebb,

VASZILIJ PETROVIC GRJAZEV

(Tula, 1928. március 4. – Tula, 2008. október 1.)

1945-ben a Tulai Gépipari Intézetben fegyver szakon tanult. Aktívan részt vett az intézet tudományos életében. 1950-ben a NII-61 állományába küldték tervezői gyakorlatra, ahol repülőgép-fedélzeti fegyverekkel foglalkozott. Egy évvel később, miután kitüntetéssel végzett, ott kezdődött a közös munka A. G. Sipunovval. A munkatársi kapcsolat az évek során szoros barátsággá vált. 1962-ben Sipunovot kinevezték a tulai 14. számú Központi Tervezőiroda¹⁶ vezetőjének. Grjazev a NII-61 állományában maradt, de 1966-ban barátja kérésére Tulába érkezett, ahol a KBP, Géppágyú és Géppuska Részleg főnöke lett. Itt teljeskörűen kibontakoztathatta kiváló tervezői tehetségét. Összesen 248 szabadalommal, 76 tudományos publikációval és 40 rendszeresített fegyverrel gazdagította a KBP palettáját. Kiemelkedően magas színvonalú szakmai munkájáért számos elismerésben részesült.



Az általa tervezett fegyverek:

- repülőgép-fedélzeti géppuska: 7,62 mm-es GSG-7,62;
- repülőgép-fedélzet géppágyú: 23 mm-es GS-23, 23 mm-es GS-6-23, 30 mm-es GS-301, 30 mm-es GS-2-30, 30 mm-es GS-30K, 30 mm-es GS-6-30;
- tengerészeti géppágyúkomplexumok: 30 mm-es GS-6-30K (AK-630), 30 mm-es GS-6-30L (AK-306), 30 mm-es 6K30GS;
- harcoksigéppágyú: 30 mm-es 2A42, 30 mm-es 2A72, 30 mm-es 2A38;
- forgótáras pisztolyok: 9 mm-es R-92, 9 mm-es R-92KSz;
- öntöltő pisztolyok: 9 mm-es P-96Sz, 9 mm-es GS-18;
- géppisztolyok: 9 mm-es PP-9M, 9 mm-es PP-93, 9 mm-es PP-90M1, 9 mm-es PP-2000, 9 mm-es APB;
- géppuska: 9 mm-es 9A-91;
- mesterlövészpuskák: 9 mm-es VSK-94, 12,7 mm-es OSzV-96, 9 mm-es V-94¹⁷;
- gránátvetők: 40 mm-es AGSz-30, 43 mm-es LPO-97, 40 mm-es RG-6.

¹⁶ Центральное Конструкторское бюро, ЦКБ-14, СКБ-14.

¹⁷ A géppuska és a mesterlövészpuskák esetében a 9×39 mm-es töltényt jelzi az ürméret.

¹⁵ Конструкторское бюро приборостроения, КБП, КВР.

10. ÁBRA.

Egy MiG-29B vadászpilóta repülőgépszárnnyelépője

(Fotó: Szatmári András; Hadtörténeti Múzeum, Haditechnikai Gyűjtemény)



kompaktabb gépágyú létrehozására, a 30×165 mm-es töltény felhasználásával. 1974 októberében a Központi Precíziós Mérnöki Kutatóintézet¹⁸ munkatársaival végezték el a kísérleti belövést, ami a Szuhov tervezőiroda által készített állványt tönkretette, és 50 lövés után a hüvelykivető is eltört. A teszteket folyamatos javítások mellett megismételték, az első jól működő példányt 1977-ben szerelték össze, majd 1983-ban GS-301 (GS-30-1, TKB-687, 9A4071) néven rendszerezítették az eszközt. A kiejtés megkönnyítése miatt lett a szabványos GS-30-1 megnevezés helyett a GS-301 az elterjedt név. [18; 308–313. o.]

A tervezők úgy döntöttek, hogy az NR-30 gépágyú csövet használ-

ják fel tervezési alapnak; végül egy ahhoz nagyon hasonló kialakítású, csupán 100 mm-el rövidebb csövet használtak. A lőszer tekintetében lehetséges volt a GS-6-30 repülőgép és az AO-18 tengerészeti gépágyúnál használt lőszer használata is, ez olyan egységes lőszerhasználatot tett lehetővé, amely addig elérhetetlen volt a haderőnemek közt. A modern gyártástechnológia és innovatív műszaki megoldások segítségével létrehoztak egy gépágyút, amely rendelkezett a nyugati fejlesztésű forgó töltényű géppuskák tűzgyorsaságával, de a tömege kisebb, közel feleannyi volt. A KBP berkeiben keringő történet szerint a tervezők fogadtak a védelmi minisztérium képviselőjé-

vel, hogy 45 kg alatti gépágyút fognak alkotni. A sikeres rendszeresítés-kor így egy rekesz örmény konyakot nyertek. A hihetetlenül könnyű gépágyú kiérdemelte a „balerina” becenevet. [19; 191–195. o.]

A gépágyú rövid csőhátrasiklásos működési elvű, billenőzáras reteszelésű. Az első lőszer töltényűrbe töltése a felszállás előtt manuálisan történik. A lövészetek során esetlegesen fellépő elcsúszás jellegű akadály elhárítására a töltényűrben oldalt elhelyezkedő kiegészítő töltet (DZ)¹⁹ szolgál. Ez lényegében egy piropatronból és egy acélgolyóból álló szerkezet. Akadály esetén az acélgolyó átüti a hüvely falát és a piropatron löporgázai begyűjtik a töltényűrben lévő töltényben található lőport. A lőszer, valamint a kiegészítő töltet elsütése is elektronikus elvű. Az ürítés a lövedék kilépése előtt megkezdődik, így a löporgázok segítségével történik, a távozó hüvely sebessége elérheti a 100 m/s-t. A hőterhelés csökkentésére a gépágyú párologtatáson alapuló, hűtőközeggel töltött spirális hűtőköpennyel rendelkezik, amelynek a kapacitása 700 cm³. A hűtőközeg télen és nyáron eltérő összetételű víz-glicerín-alkohol keverék. A hűtőközeg a csőköpenyben a töltényűrnél felforr, nyitja a golyós rugós szelepet, majd a gőz csavarvonalban végighalad a töltényűr külső részén, és ezalatt hűti a csövet. Repülőgépeken ez kiegészül léghűtéssel is. A töltényűr hosszanti bordákkal rendelkezik az ürítés megkönnyítése érdekében, az ellőtt hüvelynyakak ezért jellegzetes égésnyommal rendelkeznek. Az adogatószerkezet csuklós kialakítású a nagy sebességű adogatás biztosítása céljából. [16; 7–10. o.]

A GS-301 gépágyút rejtetten építették be a bal szárnyba, a csöve nem lóg ki a szárnyból. A hátraható erő csökkentése érdekében a szárny hővédő lemeze egyben gázterelőként is funkcionál. A gépágyú így a repülőgép áramvonasságát csak kismértékben rontja, ami a kétszeres hangsebesség feletti repülésre képes eszköznél fontos szempont. A 10–11. ábrákon látható 05-ös oldalszámú repülőgép

ARKAGYIJ GEORGIJEVICS SIPUNOV

(Livni, 1927. november 7. – Tula, 2013. április 25.)

1950-ben kitanúttetéssel végzett a Tulai Gépipari Intézetben. A NII-61 állományában a repülőgépfedélzeti fegyverekkel foglalkozott, ahol a projekteken együtt dolgozott V. P. Grjazevvel. 1962-ben a CKB-14 főnöke lett. Vezetése alatt több mint 50 darab, a haderőben rendszeresített fegyvert terveztek. Publikációinak száma meghaladja a 350-et. Kiemelkedően magas színvonalú szakmai munkájáért számos elismerésben részesült.



Az általa tervezett fegyverek:

- lövészfegyver: 9 mm-es GS-18 öntöltő pisztoly;
- repülőgép-fedélzeti géppuska: 7,62 mm-es GSG-7,62;
- repülőgép-fedélzeti gépágyúk: 23 mm-es GS-23, 23 mm-es GS-6-23, 30 mm-es GS-30I, 30 mm-es GS-2-30, 30 mm-es GS-30K, 30 mm-es GS-6-30;
- tengerészeti gépágyúkomplexumok: 30 mm-es GS-6-30K (AK-630), 30 mm-es GS-6-30L (AK-306), 30 mm-es 6K30GS;
- harckocsi-gépágyúk: 30 mm-es 2A42, 30 mm-es 2A72, 30 mm-es 2A38;
- irányítható páncéltörő rakétakomplexumok: 9K111 Fagot, 9M113 Konkursz.

¹⁸ Центральный научно-исследовательский институт точного машиностроения, ЦНИИТочмаш, (АО ЦНИИТОЧМАШ).

¹⁹ дополнительный заряд.



10. ÁBRA. A 05 oldal-számú MiG-29B vadászrepülőgép a szolnoki RepTárban (Fotó: Illés András; Hadtörténeti Múzeum, Haditechnikai Gyűjtemény)

1993–2006-ig volt a magyar légierő állományában.

A repülőgép-fedélzeti fegyverek fejlődési tendenciái jól megfigyelhetők a légi harc-rakéták megjelenését követő időszakban. A MiG-17PF, a MiG-17F és a MiG-21F-13 típusok fegyverei közötti jelentős eltérések oka a vietnámi háborúban alkalmazott légi harc-rakéta alapú eszközrendszer.

Az ezt követő időszak hibrid fel fogását tükrözi a gépágyú ismételt térnyerése, ahol a cél nem a légi harc-rakéták kiváltása, hanem azok kiegészítése volt. ■

HIVATKOZÁSOK

- [15] GS-23L repülőgép fedélzeti gépágyú műszaki leírás és üzemeltetési utasítás. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1973. Hadtörténeti Könyvtár, Sz 15020, 149. példány;
- [16] Re/204. A GS-301 repülőgép-fedélzeti gépágyú műszaki üzemben tartási szakutasítása (általános tájékoztató a gépágyúról). Magyar Honvédség, Budapest, 1994. 7. példány;
- [17] Re/344. A 96. típusú repülőgép műszaki leírása, II. könyv, fegyverzet. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1972. 124. példány;
- [18] Koll, Christian. Soviet Cannon, a comprehensive study of soviet guns and ammunition in calibres 12.7mm to 57mm. Linz, 2009;
- [19] Широкоград, А.Б. История авиационного вооружения. Минск: Харвест, 1999.

3. TÁBLÁZAT. A Grjazev-Sipunov gépágyú általános jellemzői (A szerző szerkesztése [15] [16] [17] [18] [19] alapján)

Megnevezés	GS-23	GS-23L	GS-301
Tervezőiroda	NII-61, CKB-14	NII-61, CKB-14	KBP
Konstruktőr	V. P. Grjazev, A. G. Sipunov	V. P. Grjazev, A. G. Sipunov	V. P. Grjazev, A. G. Sipunov
Tervezés	1955 – n. a.	1965 – n. a.	1976–1982
Prototípus	1959	1965	1979
Rendszeresítés	1965	1965	1983
Működési elv	Gast-rendszerű	Gast-rendszerű	rövid csőhátrasiklásos
Ismétlés vezérlése	elektromos	elektromos	elektromos
Akadályelhárítás	piropatronos	piropatronos	piropatronos
Elsütés vezérlése	elektromos	elektromos	elektromos
Csappantyú	mechanikus	mechanikus	elektromos
Gyártó (kód)	Kovrov (ZiD)	Kovrov (ZiD)	Izsevszk (74)
Gyártási idő	1965 – n. a.	1965 – n. a.	n. a.
Gyártott darabszám	n. a.	n. a.	n. a.
Űrméret [mm×mm]	23×115	23×115	30×165
Teljes hosszúság [mm]	1387	1537	1978
Csőhosszúság [mm]	1000	1000	1120
Tömeg [kg]	49,2	50	44
A lövedék kezdősebessége [m/s]	715	715	875–900
Elméleti tűzgyorsaság [lövés/perc]	3000	3000	1800
Repez-romboló lövedék tömege [g] ²⁰	175 OFZ ²¹	175 OFZ	390 OFZ
Páncéltörő lövedék tömege [g]	175 BZ-A ²²	175 BZ-A	390 BR ²³

²⁰ A mezők alján lévő nagybetűs jelzés a magyar légierőben használt lőszer azonosítója.

²¹ осколочно фугасный зажигательный (ОФЗ), repez-romboló-gyújtó.

²² броневойный зажигательный (БЗ-А), páncéltörő-gyújtó, hosszított ballisztikai süveggel.

²³ броневойный (БР), páncéltörő.



STUDIES

- Challenges of radar application in the Arctic, *Part 2* 2
- History of the development of the 'Gepárd' large-calibre rifle, *Part 10 35 years of service in the Hungarian Defence Forces* 8
- Constraint tracks of rifle bolts, *Part 2* 13
- Experimental testing of boundary layer management using simulation software 17

INTERNATIONAL MILTECH REVIEW

- The CB 90 fast assault craft, *Part 2* 23
- Air Defender 23 – the greatest air force exercise of NATO, *Part 2* 28
- Cold war bunkers, *Part 1* 34

SPACE ACTIVITIES

- Sample gathering on the other side of the Moon 39
- Satellite solutions based on quantum communication 44

DOMESTIC SURVEY

- The adaptation of ELBIT Skylark 3 unmanned reconnaissance aircraft in the Hungarian Defence Forces 50
- The renewal of meteorological support for field artillery, *Part 2* 56
- Operation: DEEP PURPLE, *Part 3 Building the rescue path and the successful elevation of the patient* 61

MILTECH HISTORY

- The activities of the 1st Royal Quick Reaction Corp subordinated to Germany, *Part 9 Hungarian Brigades at the river Bug – From Pechara to Trostanjets (1941. 07. 22.–26.)* 68
- Autocannons of Soviet-origin jet aircraft of the Hungarian Air Force 1951–2010, *Part 2* 72

STUDIEN

- Die Herausforderungen beim Einsatz von Radargeräten in der Arktis, *Teil II.* 2
- Die Entwicklungsgeschichte der Großkalibergewehre von Gepárd, *Teil X. 35 Jahre im Dienst der Landesverteidigung* 8
- Zwangsweise von Drehverschlüsse, *Teil II.* 13
- Experimentelle Prüfung der Behandlung der Grenzschicht mittels eines Simulationsprogramms 17

INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDSCHAU

- Das Kampfboot 90 (CB90), *Teil II.* 23
- Air Defender 23 – Die größte Militärübung der NATO-Luftwaffe, *Teil II.* 28
- Bunker des Kalten Krieges, *Teil I.* 34

RAUMFAHRTTECHNIK

- Probenentnahme auf der anderen Seite des Mondes 39
- Satellitenlösungen basierend auf Quantenkommunikation 44

HEIMATSCHAU

- Einführung des unbemannten Aufklärungsflugzeuges ELBIT Skylark 3 in den ungarischen Streitkräften 50
- Die Erneuerung der meteorologischen Unterstützung der Feldartillerie, *Teil II.* 56
- Operation: DEEP PURPLE, *Teil III. Bau des Rettungswegs und erfolgreicher Transport des Patienten an die Oberfläche* 61

GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK

- Die Aktivitäten unter deutscher Befehlsführung des 1. Königliche Schnelle Korps, *Teil IX. Ungarische Brigaden am Fluss Bug – Von Pecera nach Trostanjets (22.–26. 07. 1941)* 68
- Die Maschinengewehre der sowjetischen Düsenflugzeuge der ungarischen Luftwaffe, 1951–2010, *Teil II.* 72

TABLE OF CONTENTS

INHALTVERZEICHNIS

A címlapképünkön fent: Az ELBIT Skylark 3 pilóta nélküli felderítő repülőgép az indítóállványon (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Kormány Gábor)

B2: A Skylark 3 a leszállást egy ejtőernyős és egy légszárendszer kombinált alkalmazásával hajtja végre. Az ejtőernyős nyitását követően (annak hevederén lógva) átfordul a hátára, ezáltal is védve a vezérsíkokat és a kamerarendszert az esetleges károsodásoktól. Földet érés előtt felfúvódik egy légszárendszer a törzs körül, amely tovább

csökkenti a bekövetkező sérülések veszélyét. (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Kormány Gábor)

Poszter: A Gidrán többcélú moduláris harcjármű fő fegyvere a török Aselsan által gyártott SARP távvezérelt fegyverrendszer, amelyet 12,7×99 mm-es löszert tüzelő, Browning 50 kaliberű, M2 HB nehéz géppuskával szereltek fel (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Kismartoni Mátyas)



KEDVENC LAPJAIT – KÖZTÜK A HADITECHNIKÁT – A LAPTAPÍR SZOLGÁLTATÁSÁVAL OLVASSA ONLINE ASZTALI VAGY TÁBLAGÉPEN, ILLETVE OKOSTELEFONON. BÁRHO, BÁRMIKOR ELÉRI: LAPTAPIR.HU



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.

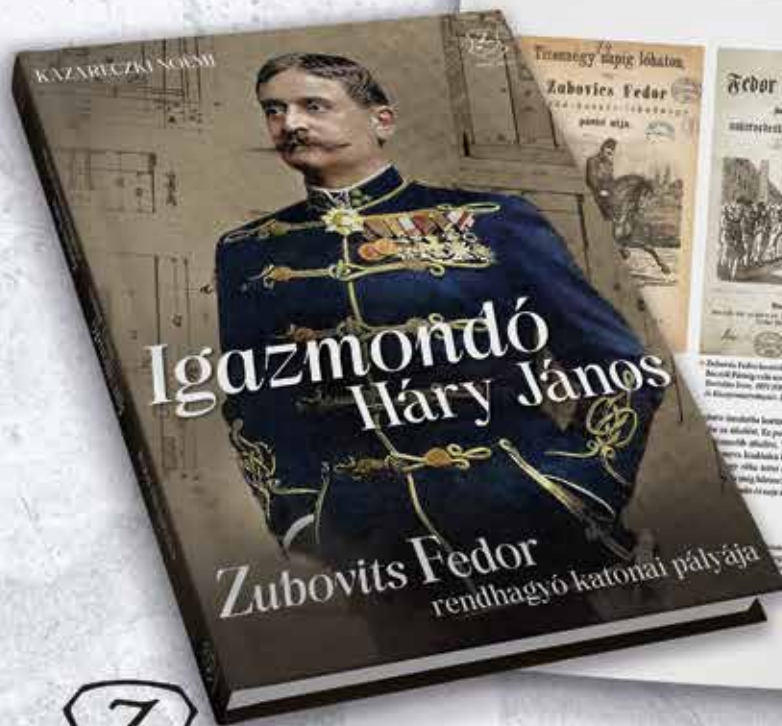
A cikkeket a haditechnika@hmzrinyi.hu e-mail-címre várjuk. A Haditechnika folyóirat cikkeit a szerkesztőség feltölti a Magyar Tudományos Művek Tárába, emellett az elmúlt több mint 50 év lapszámai elérhetők az MTA REAL-J repozitóriumban: <http://real-j.mtak.hu/view/journal/Haditechnika.html>

ELŐFIZETÉS

Éves előfizetési díj: 5940 Ft
Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága, 1089 Budapest, Orczy tér 1.
Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknel,
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, Filler u. 14.
Levél cím: 1276 Budapest 22, Pf. 85
Telefon: +36 30-388-4034
E-mail: ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu
A folyóirat 2005–2015 közötti példányai elérhetők:
<https://kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT>

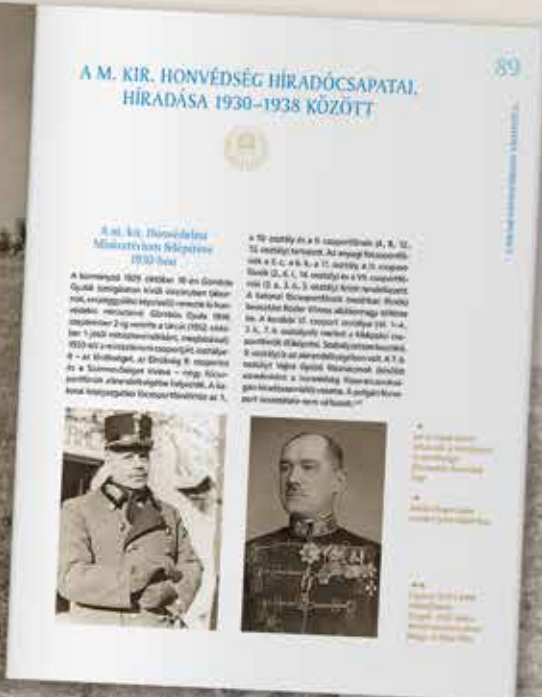
A HADITECHNIKA MEGVÁSÁROLHATÓ

Lira Könyvárúháza, Récesei 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., Filler u. 14.
Nyitvatartás: H-P 9.00–16.30
ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu



Zubovits Fedor (1846–1920) sokoldalú és legendás személyiség volt: katona, haditudósító, vadász, sportember, feltaláló, diplomata, publicista, megyei tisztségviselő és a 19. század utolsó párbajhőseinek egyike.

A Zrinyi Kiadó újdonságai



A katonai hírközlés az első világháború végétől a magyar királyi honvédség megalakításáig, a magyar királyi honvédség híradása (1918–1945)





HONVÉDELMI
MINISZTERIUM



ÉS TE KÉSZEN ÁLLSZ?



IRANYASEREG.HU

KERESS
MINKET!



mhkiknyp



katonai_toborzas

