

A múlt, a jelen és a jövő fegyverei

HADITECHNIKA

2021/5

LV. évfolyam 5. szám

Ára 520 Ft

**Korszerű légvédelmi
rakétarendszerrel
gazdagodik
a Magyar Honvédség**



Posztermelléklettel!



A MAGYAR HONVÉDSÉG MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS ÉS ISMERETTERJESZTŐ FOLYÓIRATA

2021/5. szám.
LV. évfolyam

Tulajdonos:

Bozó Tibor vezérőrnagy

A szerkesztőbizottság elnöke:

Dr. Porkoláb Imre ezredes
(MCC Vezetőképző Akadémia, igazgató)

A szerkesztőbizottság alelnöke:

Bárány Zoltán Gábor ezredes
(MH TP parancsnokhelyettes)

Főszerkesztő:

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

A szerkesztőbizottság tagjai:

Benkő Imre
(HM CURRUS ZRt. és HM ARMCOM ZRt.)
Dr. Both Előd
(Magyar Asztronautikai Társaság)
Dr. habil. Gyarmati József alezredes (NKE HHK)
Prof. dr. Haig Zsolt ezredes (NKE HHK KMDI)
Dr. Hajdú Ferenc ezredes (MH MI)
Kaposvári László dandártábornok
(MHP LGCSF)
Prof. dr. Kiss Péter
(Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)
Prof. dr. Kovács László dandártábornok
(MHP HSZ [kibervédelmi])
Dr. Koller József dandártábornok (MH 86. SZHB)
Könczöl Ferenc ezredes (MH 12. ALRE)
Lengyel Csaba ezredes
(MHP HSZ [szárazföld])
Magyar Ferenc ezredes (ITM)
Dr. Németh András alezredes (NKE HHK)
Prof. dr. Rohács József CSc. (Budapesti
Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem)
Solymosi Ferenc ezredes (MH TTP)
Szakácsi István alezredes
(MHP HSZ [logisztika])
Dr. Trembeczki László András (HM EI ZRt.)

Lektorai bizottság elnöke:

Dr. Keszthelyi Gyula ny. dandártábornok (MKLE)

Felelős szerkesztő:

Végvári Zsolt alezredes (MH MI, MHTT, TÚK, MEE)

Szerkesztő:

Rojkó Annamária tanácsos
(MH TP, MŰOSZ, TÚK)

Katonai szerkesztő:

Druzsin József őrnagy
(MH TP, MHTT, TÚK, MKLE)

Úrtechnika rovatvezető:

Dürr János Béla MSc (MH MI, TÚK)

Szerkesztőségi munkatársak:

Fi Károly Ferenc tanácsos munkatárs
Rózsáné Drahos Gabriella munkatárs
Szabó András munkatárs
(DOI, Facebook adminisztrátor)

Kiadja

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

Székhely: 1087 Budapest, Kerepesi út 29/B
Telephely: 1024 Budapest,
Szilágyi Erzsébet fasor 7-9.
Postacím: 1276 Budapest 22, Pf. 85
Telefon: 336-2030, Fax: 336-2035

FÓKUSZBAN

Balajti István: A rádiófrekvenciás
radarhálózatok előnyei
és megvalósításuk kihívásai 8



Horváth Attila: A magaslégköri
repülő platformok és
lehetséges alkalmazhatóságuk 32



Balog Péter: Az MH
Geoinformációs Támogatási
Doktrína felülvizsgálata az
újjonnan rendszeresített
technikai eszközök tükrében
II. rész 46



Dóczi István: Hazai modernizáció
a Magyar Honvédség tábori
mikrohullámú rendszerében 60



TANULMÁNYOK

Dr. Németh András – Virágh
Krisztián: Virtuális valóság és
haderő – katonai alkalmazási
lehetőségek IV. rész 2
Dr. Hannel Sándor – Kelecsényi
István: Az Aero Vodochody cseh
repülőgépgyártó vállalat és
repülőgépei II. rész 16
Dr. Óvári Gyula – Fehér Krisztina:
Repülőgépek elektromos
meghajtása – szükségszerűség
kompromisszumokkal VI. rész 22

NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

Dr. Kiss Álmos Péter – Dr. Kiss
Roland – Vecsey Mariann:
Az Oroszországi Föderáció
baltikumi A2/AD képességeinek
és a NATO válaszlépéseinek
elemzése II. rész 27

ÚRTECHNIKA

Schuminszky Nándor –
Dr. Remes Péter: Szovjet
fogságban volt egy amerikai
űrkabin 39

HAZAI TÜKÖR

Tömböl László – Böcz Lajos
Lóránt – Juhancsik János:
A földi telepítésű légvédelem
új, kis-közepes hatótávolságú
rakétarendszere 54
Dr. Hlavicka-Laczák Lili Eszter –
Dr. Hlavicka Viktor – Prof. dr.
Károlyi György – Dr. Hajdú
Ferenc – Dr. Salem Georges
Nehme – Vozsech István:
Betonszerkezetek károsodása
lővedékbecsapódás hatására
I. rész 65

HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

Fülek András: A japán kard –
tűzből születő nemzeti
kincs II. rész 71

Olvasószerkesztő: Kádár M. György ■ **Nyomdai előkészítés:** PGL Grafika Bt.

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

A **Haditechnika** kéthavonként nyomtatásban megjelenő folyóirat.

A szerkesztőség postacíme:

Budapest, 1885 Pf.: 25. ■ Telefon: 224-8306 ■ haditechnika@hm.gov.hu
<https://haditechnika.hu>; <https://www.facebook.com/HTfolyoirat/>

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



Dr. Németh András* – Virágh Krisztián**

Virtuális valóság és haderő – katonai alkalmazási lehetőségek IV. rész

A virtuális valóság (VR) történetét áttekintő sorozat korábbi részeiben a szerzők részletesen bemutatták azokat a technikatörténeti állomásokat (kutatási eredményeket és eszközöket), amelyek lehetővé tették e speciális, széleskörűen alkalmazható elektronikus technológia 21. századi, hétköznapi alkalmazását. A sokszínű polgári alkalmazás szemléltetése után a szakemberek a IV. részben megkezdik a haderőben történő felhasználási lehetőségek részletes ismertetését. A VR a kiképzésben alkalmazott, költséghatékony repülő-, harcjármű- és harciaszati szimulátoroknak is fontos alapeleme. A kutatás-fejlesztés-innováció (K+F+I) egymásra épülő rendszerében a legfontosabb cél az immersivitás folyamatos fokozása annak érdekében, hogy a katona a virtuális környezetben minél tökéletesebben megtapasztalhatta egy adott feladat végrehajtása során őt érő hatásokat.

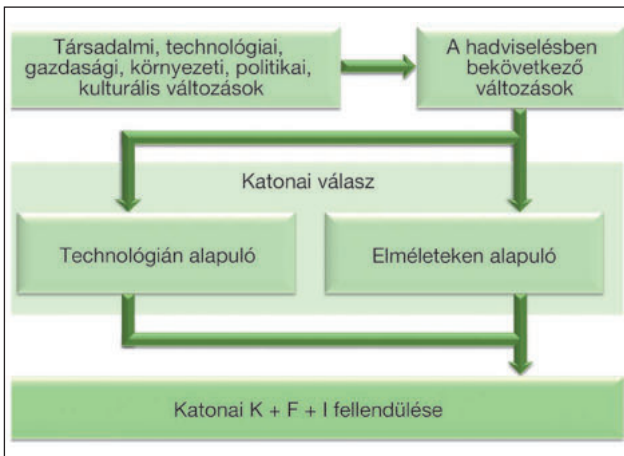
ELŐZMÉNYEK

A fegyveres konfliktusok az évezredek során végigkísérték az emberiség történetét és várhatóan a 21. század során is fontos szerepet játszanak majd a nemzetközi viszonyok alakításában, társadalmaink fejlődésében. A hadviselés céljait, elveit és módszereit mindig az adott időszakra jellemző társadalmi, politikai berendezkedés, a gazdasági, környezeti, kulturális változások, illetve a technológiai fejlődés és a technikai megoldások együttesen befolyásolták.

Ez utóbbi tényezők hatására a hadviselésben alkalmazott eszközök és rendszerek az esetek túlnyomó többségében a csúcstechnológiát képviselték. A 21. század első évtizedeiben számos olyan új típusú biztonsági kihívás megjelenésének és a korábbiak felerősödésének lehettünk szemtanúi, mint a terrorizmus, a szervezett bűnözés, a

* Alezredes, tanszékvezető, egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Elektronikai Hadviselés Tanszék. ORCID: 0000-0003-2397-189X

** Tanszéki mérnök, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Elektronikai Hadviselés Tanszék. ORCID: 0000-0003-4184-9492



37. ábra. A katonai kutatás és fejlesztés fellendülésének folyamata (a szerzők szerkesztése a [79; 153. o.] alapján)

migráció, az éghajlatváltozás, az erőforrás és a nyersanyagkészletek kimerülése, az édesvízhiány, az energiabiztonság, a fertőző betegségek terjedése, vagy éppen a kibertérből érkező fenyegetések. [78] Napjainkban is ezekkel a kihívásokkal kell megbirkóznia a globális közösségnek, így ezek alakítják a modern haderők feladatrendszerét, arculatát is. Ennek köszönhetően a katonai K+F+I tevékenységek is ezen problémák megoldására, vagy az ellenük irányuló küzdelmekre történő felkészülésre fókuszálnak. A fejlődés egyik motorja – a mesterséges intelligencia egyre szélesebb körű felhasználása mellett –, a virtuális/kiterjesztett valóság (VR/AR – Virtual/Augmented Reality) -technológiák gyorsuló terjedése lehet, amely mind közvetlenül, mind pedig más területekre gyakorolt hatásán keresztül közvetve is képes hatékonyan támogatni a kihívások leküzdésére fókuszáló törekvéseket. [79] Mostanáig kevés hadseregben jelentek meg a VR/AR-alapú megoldások, míg széleskörű integrálásuk folyamata még a legfejlettebb haderőkben is csak gyermekcipőben jár. Ennek oka, hogy a kapcsolódó háttértechnológiák – különösen a számítástechnika és miniatürizáció – csak az elmúlt években érték el azt a fejlettségi szintet, amelynek segítségével már magas immerzivitás-élményt nyújtó VR/AR-megoldások rendszerigényeit kiszolgálni képes eszközök is készíthetők, a gyakorlatban is hatékonyan felhasználható teljesítmény-nyel és méretben, megfizethető áron.

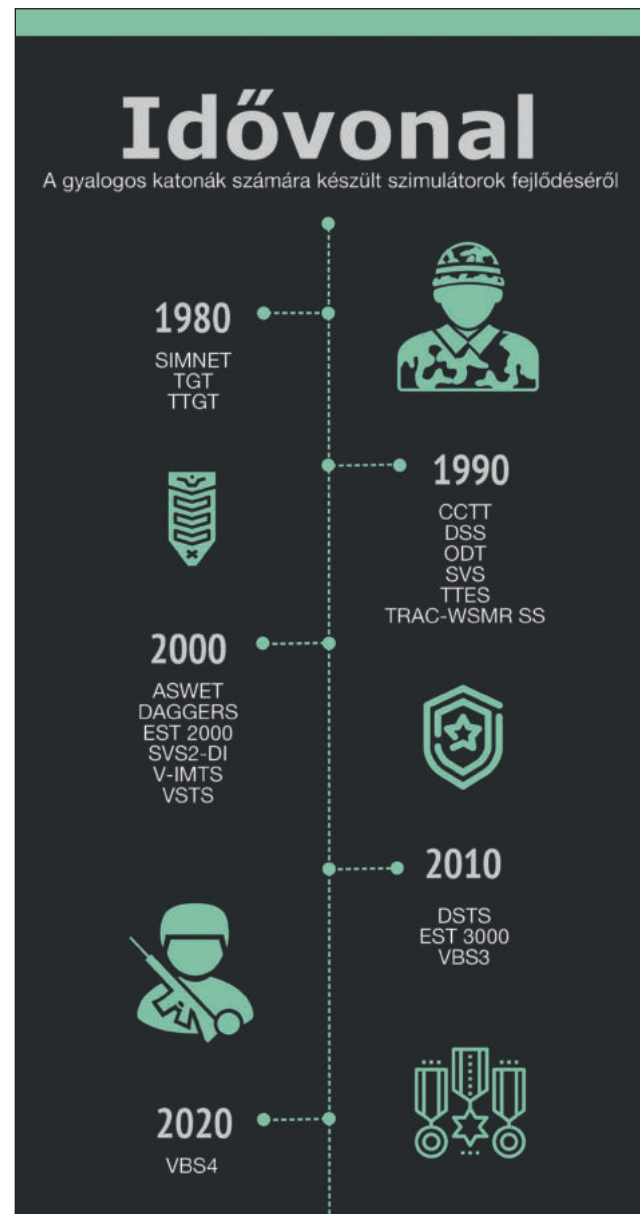
A virtuális valóságban rejlő lehetőségeket főként különböző katonai szimulátorokban (repülő-, harcjármű-, harcszati) lehet hatékonyan kihasználni, amelyek segítségével magas színvonalú, korszerű kiképzési, felkészítési és vizsgáztatási rendszerek kialakítására nyílik lehetőség, ugyanakkor ma már a technológia a virtuális vezetési és irányítási (köz)pontoknak is nélkülözhetetlen eleme. [80] Ezen felül azonban a katonai robotikai rendszerek, a pilóta nélküli légi járművek (UAV – Unmanned Aerial Vehicle) vezérlése, vagy a katonai orvoslás területén egyaránt kínálnak hatékony megoldásokat a különböző VR/AR-rendszerek.

VIRTUÁLIS KIKÉPZÉSI KÖRNYEZET

A VR egyik legjelentősebb felhasználási területe a jövőben minden kétséget kizáróan a katonai kiképzés és felkészítés lesz, amelyek gyakorlati megvalósításához virtuális kiképzési környezet kialakítására van szükség (hardver- és szoftverkomponensek). Ennek hátterét a kapcsolódó technológia dinamikus fejlődése mára már megteremtette,

ezek eredményeit felhasználva akár komplex virtuális harc-téri környezet felépítésére is lehetőség nyílik. A rendszer kialakítása és egyre több területen történő integrálása a nemzeti haderő kiképzési rendszerébe, valamint a technikai háttér folyamatos fejlesztése, a világ számos országában ma már tendenciózusan zajlik. Az egyik legnagyobb tapasztalattal ezen a területen is az Amerikai Egyesült Államok rendelkezik, ahol már ma is nagyszámú szimulációs rendszer áll rendelkezésre. Ez egyrészt természetesen a szükséges K+F+I tevékenységekre biztosított erőforrásoknak, másrészt a célirányos fejlesztések koordinálására létrehozott Nemzeti Szimulációs Központ (NSC – National Simulation Center) munkájának köszönhető. Itt az úgynevezett Future Holistic Training Environment – Live/Synthetic projekt keretében folynak ilyen irányú kutatások, amelyek célja, hogy 2025-re egy olyan integrált kiképzési környezet (ITE – Integrated Training Environment) hozzanak létre, amelyben az állomány felkészítése, kiképzése teljes mér-

38. ábra. Gyalogos katonák számára készült szimulátorok fejlődése [82; 3. o.]



tékben elvégezhető, illetve a különböző gyakorlatok során a lehető legváltozatosabb terep- és meteorológiai viszonyok és scenáriók alakíthatók ki. [81]

Az egyre realiztikusabb hatást kiváltó szimulátorok iránti növekvő igény miatt természetesen a Központban a VR-ral is foglalkoznak. A cél az immerzivitás-élmény folyamatos fokozása annak érdekében, hogy a katona a virtuális környezetben teljes egészében megtapasztalhatta egy adott feladat végrehajtása során őt érő hatásokat. A 38. ábrán a katonai szimulátorok egy speciális ágának, a gyalogos (lövész) katonák kiképzését biztosító rendszerek elmúlt 40 éves fejlődése követhető nyomon. A továbbiakban a két legújabb, immerzív virtuális valóságot használó szimulátor, a virtuális rajkiképző rendszer (VSTS – Virtual Squad Training System) és a gyalogoskatona-kiképző rendszer (DSTS – Dismounted Soldier Training System) kerül bemutatásra. [82]

Ahogy a név is utal rá, a VSTS egy rajszintű harcászati feladat végrehajtására tervezett szimulátor, amelyet a fokozott immerzivitás-élmény érdekében fejre helyezhető kijelzővel (HMD – Head Mounted Display), fegyvermodellekkel (M4, M203, M249) és a virtuális térben történő aktivitások megvalósításához egy vezérlővel (kontroller) egészítenek ki. Ennek a VR-alapú rendszernek létezik helyhez kötött (vezetékes) és mobilis (egyenruhán viselhető) változata is. Mindkét esetben a szimulációs gyakorlaton résztvevő katonák a szimulátor által előállított és a HMD-re vetített virtuális környezetben tevékenykednek. Az eszköz segítségével olyan feladatokat lehet végrehajtani, mint az elszakadás, a rajtaütés lesállításra, a járőrözés, az épületharcászat, a gyorsreagálású erők (QRF – Quick Reaction Force) támogatásának kérése, fogadása, a sebesültek kimenekítésének (MedEvac – Medical Evacuation) kezdeményezése, vagy a figyelőpontok telepítése. [83]

Ennek a szimulátornak egy korszerűbb verziója a DSTS, egy olyan immerzív kiképzési rendszer, amely az egyes harcos és a kisalegységek szintjén folytatott képzésekre összpontosít. A rendszer célja a kiképzési színvonal javítá-

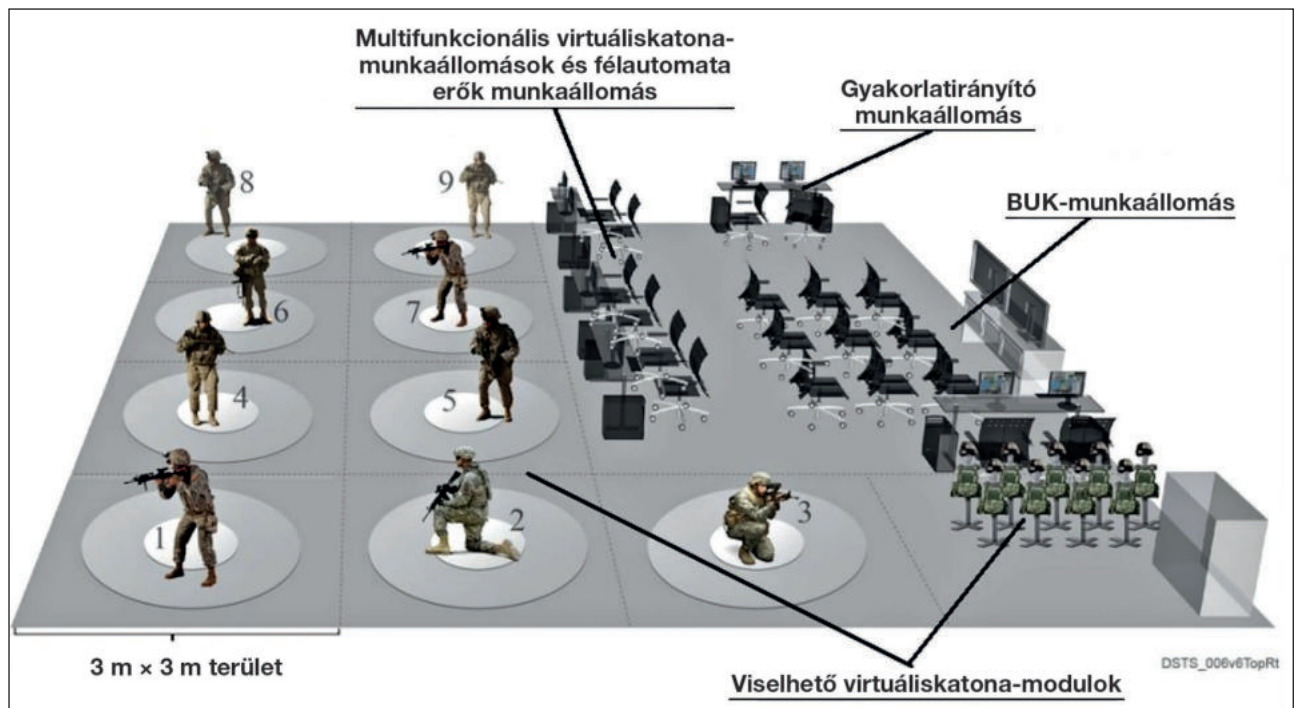
sa, a csatatér élethű megjelenítése és a készenlét folyamatos fenntartása. A szimulátort egyszerre 9 fő tudja használni. Minden egyes katonának egy körülbelül 9 m²-es (3 m × 3 m) terület áll rendelkezésére, amely a VBS2 (Virtual Battlespace 2) szoftveralapú szimulátor által kialakított virtuális környezet mozgásterét foglalja magába. A rendszer elemei [82]:

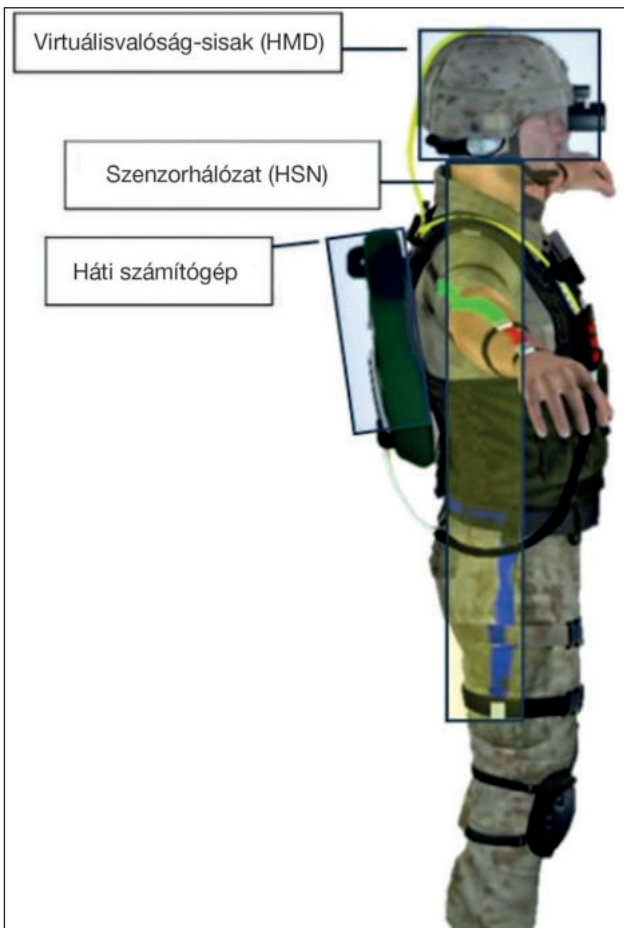
- 9 db viselhető virtuáliskatona-modul (VSMM – Virtual Soldier Manned Modules);
- 5 db multifunkciós virtuáliskatona-munkaállomás (VSMW – Virtual Soldier Multi-Functional Work Stations);
- 1 db „félautomata” erők munkaállomás (SAF – Semi-Automated Force);
- 1 db gyakorlatirányító munkaállomás (EXCON – Exercise Control);
- 1 db bevetés utáni kiértékelést (BUK) végző munkaállomás (AAR – After Action Review);
- 9 db fegyver: 5 db M4-es karabély, 2 db M4-es karabély / M320-as gránátvető, 2 db M249-es géppuska.

A VSMM-et kifejezetten a VBS2 által biztosított szolgáltatásokat szem előtt tartva fejlesztették ki, ezért sokoldalúan használható. A katonák a fejükre szerelt érzékelők segítségével válnak képessé a virtuális környezetben való 360°-os tájékozódásra. Mozgásukat a rendszer az egyenruhán viselt szenzorhálózat (HSN – Human Sensor Network) és a padlóra terített, nyomásérzékelő háló segítségével követi le. [82]

A multifunkciós virtuáliskatona-munkaállomások (VSMW) felelősek a harctéri körülmények realiztikus megjelenítéséért. Az itt dolgozó operátorok betölthetik a géppuskás erők, a járműszemélyzet, vagy a katonai előjárók szerepét is. A „félautomata erők munkaállomás” (SAF) elnevezés arra utal, hogy részben a szoftver, részben pedig az operátor vezérelheti a szimulációban szereplő alegységek/egységek tevékenységét. Az ide beosztott személyzet szükség szerint a multifunkcionális virtuáliskatona-munkaállomás operátoraként is tevékenykedhet. Az EXCON felelős az egész szimulációs rendszer vezérléséért, és a kiképzési

39. ábra. A DSTS szimulátor felépítése (A szerzők szerkesztése a [82; 5. o.] alapján)





40. ábra. A viselhető virtuáliskatona-modul (A [82; 4. o.] alapján a szerzők szerkesztése)

forgatókönyvek futtatásáért. Az itt dolgozó operátorok tehát a szoftverek kezelésén túl (forgatókönyvek telepítése, módosítása, futtatása) a hardverek karbantartását, a hibaelhárítást és ellenőrzést is végzik. A BUK (vagy AAR) munkaállomás a VBS2 kiképzési szoftver beépített kiértékelési funkcióinak megvalósításáért felelős, amely lehetővé teszi a szimuláció rögzítését és visszajátzását egyaránt. [82] A DSTS szimulátor funkcióinak köszönhetően hatékonyan képes támogatni az alapkiképzést, a tiszt- és altisztképzést, a missziós felkészítéseket és a különleges műveleti kötelek képzéseit olyan feladatok esetén, mint például a város harcászat, épületharcászat, a kutatás és kimenekítés, a blokkírozás, vagy a zárás.

Ugyanakkor nemcsak az USA, hanem más nemzetek is komoly potenciált látnak a virtuális valósággal kibővített szimulátorok katonai célra történő alkalmazásában. Az Egyesült Királyságban például a 800 millió Font költségvetéssel rendelkező Védelmi Innovációs Alap (Defence Innovation Fund) keretein belül kívánják tesztelni a virtuális valóság katonai kiképzésben történő felhasználásának lehetőségeit, a *Virtuális valóság a szárazföldi erők kiképzésében* (VRLT – Virtual Reality in Land Training) koncepcióval összhangban pedig felkérték a Bohemia Interactive Simulations (BiSim) vállalatot egy speciális program kifejlesztésére. Az új szoftverrel néhány, kimondottan a VR-hoz köthető funkciót kívánnak tesztelni, mint például a nagy felbontású HMD-eszközök és a virtuális környezet kapcsolata, a kevert valóság alkalmazása a szimulációkban (amely lehetővé teszi, hogy a katonák a virtuális környezetben a

valós objektumokkal is interakcióba lépjenek), vagy a bevetés utáni kiértékelés. [84]

A BiSim napjainkban már kimondottan olyan szimulátorok fejlesztésére fókuszál, amelyekben egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a különböző VR-megoldások. Ezt jól tükrözi egyik legfontosabb termékük, a VBS3 játékszimulátor, amelynek 17.1-es verziójában már elérhetővé váltak a virtuálisvalóság-szolgáltatások is nyílt forráskódú VR (OSVR – Open-Source Virtual Reality) integrálásával. A nyílt forráskódú koncepció lényege a kompatibilitás megteremtése a lehető legtöbb VR szoftver- és hardverkomponens között, így a VBS3 használható a Razer, az Oculus Rift, vagy a HTC Vive szemüvegekkel egyaránt. A szoftver szimulációs környezetében több más szimulátormodul is futtatható. [85] Ezek közül kitűnik az úgynevezett PARASIM, amely egy három szabadságfokkal rendelkező ejtőernyős szimulátor. A rendszer biztonságos és költséghatékony módszer biztosít az ejtőernyősök számára, hogy a kiugrás, illetve a levegőben történő tevékenykedés előtt begyakorolják a feladatokat, fejlesszék készségeiket. A termék létjogosultságát jelzi, hogy 2020-ig mintegy 400 db PARASIM szimulátort értékesítettek világszerte. A rendszert a legszélesebb körben az Egyesült Államok haderőnemei (szárazföld, légierő, haditengerészet, tengerészgyalogság, parti őrség) alkalmazzák előre meghatározott légi műveletek és vészhelyzeti mentések begyakoroltatásához. [86]

A VBS3-mal alapkiképzés során megtervezhető például a gépkarabély- és pisztolygyakorlatok, illetve a kézigránátdobó-gyakorlatok felkészítő foglalkozásai, és vizuálisan megjeleníthetők a kiképzendő állomány részére belső nézetből (FPS – First Person Shooter) és felülnézetből egyaránt. Harcászatból olyan tevékenységeket lehet rajta bemutatni, mint a terepen alkalmazható mozgásformák, vagy az egyesharcos, a tűzpár/tűzcsoport tevékenységei a támadó harc megvívása során nappal/éjszaka. Nem háborús műveletek esetében kiemelt figyelmet érdemel az improvizált robbanóeszközök elleni védelmi (C-IED – Counter Improvised Explosive Devices) képességek fejlesztésére irányuló képzés, amely lehetővé teszi az improvizált robbanóeszközök (IED – Improvised Explosive Devices) felismerését, kutatása során alkalmazott eljárások begyakorlását, vagy az IED-veszélyes környezetben az erők védelme

41. ábra. A PARASIM szimulátor használat közben [92]





42. ábra. Virtuális 3D-s térkép katonai alkalmazási lehetőségei [93]

alapelveinek, valamint az IED-támadás lehetséges megelőzési módjainak begyakorlását. Térképészeti ismeretek elsajátítása során is használhatjuk a szimulátort, például a terepen térképpel és térkép nélkül történő tájékozódás, vagy a korszerű globális műholdas navigációs rendszerek (GNSS – Global Navigation Satellite System) használatának begyakorlására. A tisztképzésben is alkalmazható lenne a szimulátor különböző tantárgyak programjának gyakorlatorientált elemekkel történő kiegészítésére. Olyan feladatok begyakorlására, illetve bemutatására is lehetne alkalmazni, mint például [87]:

- az összefegyvernemi támadó és védelmi harc megvívása;
- a lövészkatona és -alegység (harcjármű, kezelőszemélyzet, raj) felszerelésének, képességeinek ismertetése;
- a raj szervezeti felépítésének, főbb harci-technikai eszközeinek, fegyvertípusainak ismertetése;
- a raj és szakasz képességeinek ismertetése támadó és védelmi harcban;
- a légi haderőnem feladatainak, eszközeinek, szervezeteinek ismertetése.

A rendszert a megfelelő célhardverekkel (rádió, kormány, váltókar, joystick) kiegészítve, lehetőség nyílik arra, hogy a katonák a rádióforgalmazást, vagy a különböző járművek vezetését is realisztikus módon tudják gyakorolni. A VBS3 az általános katonai tevékenységeken túl biztosítja számos szakfeladat gyakoroltatásának lehetőségét, így már a specializációt választott honvéd tisztjelöltek képzésébe is bevonható akár állami légiközlekedési, katonai infokommunikációs, katonai vezetői, vagy katonai logisztika alapképzési szakokon. Néhány konkrét felhasználási ötletet kiemelve: mozgásmódok, tüzelési testhelyzetek, háborús és nem háborús katonai műveletek, mélységi felderítő tevékenységek, rádió-összeköttetések felvétele, rádióforgalmazás, fegyverismeret. Missziós felkészítésekre is alkalmas a szimulátor, ugyanis a térképszerkesztési opció segítségével megtervezhető szinte bármelyik műveleti terület. A szimulátorban a helyi civil lakosság viselkedése is beállítható, így olyan gyakorlási opciók is elérhetővé válnak, amelyekre eddig csak elméletben volt lehetőség. [87]

Azonban nemcsak tőlünk nyugatra, hanem már a keleti országokban is kísérletezni kezdtek a VR katonai felhasználásával. Kínában a China Electronics Technology Group Corporation (CETC) egy új VR-rendszert fejlesztett ki,

amelyben nagy hangsúlyt fektettek a földrajzi információk alapján felépített virtuális környezetre és a gépi tanuláson alapuló harc kiképzésre [88], míg Dél-Korea az Optimus System-mel együttműködve fejleszti saját virtuális lövész és ejtőernyős szimulátorait, amelyeket hamarosan alkalmazni fognak a kiképzés során. [89]

Érdeemes megemlíteni a virtuális terepasztal, illetve térképészet komplex ötletét, amelynek lényege, hogy a terep 3D-s virtuális modelljét egy megfelelő nagyságú, általában sík felületen AR-szemüvegek vagy sisakok segítségével képesek vagyunk megjeleníteni. Az ilyen térképeknek két rendkívül fontos tulajdonsága van: a realisztikusság és az interaktivitás. A realisztikusság a térhatások szempontjából a valós tárgyak virtuális másának torzításmentes, 3D-s megjelenítését, az interaktivitás pedig a különböző változások virtuális térben kvázi valós időben történő lekövetésének lehetőségét, illetve a modell kiegészítő információkkal (címkékkel) történő ellátását jelenti. [90] Erre látható példa a 42. ábrán, ami a NATO-jelzések megjelenését mutatja. Virtuális térképek használatával az eligazítások megtartása és a harcparancsok kiadása lényegesen hatékonyabbá tehető azáltal, hogy az információk vizuális formában is megjelennek a katonák szeme előtt, így a félreértések lehetősége, illetve a tisztázandó kérdések száma is jelentősen csökken, ami az időtényező szempontjából sem elhanyagolható. Nincs szükség sem papíralapú térképekre, sem improvizált terepasztalok kialakítására (nem hagyunk nyomot), a feladat részletei később is visszanezhetők az adatbázisban tárolt virtuális modelleken. Természetesen a 21. században sem nélkülözhető a hagyományos módszerek és eljárások ismerete, hiszen arra az eshetőségre is készen kell állni, ha a korszerű informatikai alapú megoldások esetleg nem elérhetőek.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [78] Szűcs László, „Tíz globális biztonsági kihívás.” Honvédelem.hu, 2014.4.19. https://www.honvedelem.hu/cikk/43607_tiz_globalis_biztonsagi_kihivas (Letöltve: 2020.7.9.);

- [79] Serhat Burmaoglu, Ozcan Saritas, „Changing characteristics of warfare and the future of Military R&D.” *Technological Forecasting and Social Change* 116. (March 2017): 151-161, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.10.062>;
- [80] Kovács László. „A virtuális valóság – az alkalmazási lehetőségek új határvidéke a hadtudományokban” In *Az infokommunikációs technológia hatása a hadtudományokra*, szerk. Kovács László, Tózsza István, 103–123. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2016.;
- [81] Colonel John T. Janiszewski, „Panel 1: Future Holistic Training Environment – Live/Synthetic.” United States Army Combined Arms Center, 18 June, 2014. <https://webcourses.ucf.edu/courses/1200753/files/54887136/download?verifier=BLBNQk4V1Qd83CLevHkwZvaFLmhFo4wJRzsLBNXp&wrap=1> (Letöltve: 2020.7.9.);
- [82] Martin L. Bink, Victor J. Ingurgio, David R. James, John T. Miller, „Training Capability Data for Dismounted Soldier Training System.” *United States Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences*, Research Report 1986, June 2015. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a621959.pdf> (Letöltve: 2020.7.9.);
- [83] Donald R. Lampton, Christian J. Jerome, „Evaluation of the Virtual Squad Training System.” *United States Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences*, Technical Report 1262, January 2010. https://www.researchgate.net/publication/235019222_Evaluation_of_the_Virtual_Squad_Training_System (Letöltve: 2020.7.9.);
- [84] Ministry of Defence, Stuart Andrew MP, „British Army tests innovative virtual reality training.” February 4, 2019. <https://www.gov.uk/government/news/british-army-tests-innovative-virtual-reality-training> (Letöltve: 2020.7.9.);
- [85] Dogs Of War Vu, „VBS3 v17.1.” February 22, 2017. <http://dogsofwarvu.com/forum/index.php?topic=4183.0> (Letöltve: 2020.7.9.);
- [86] Parasim, „Home.” <https://parasim.com/> (Letöltve: 2020.7.9.);
- [87] Virágh Krisztián, „Harcsszimulátorok integrálásának lehetőségei a hazai katonai kiképzés rendszerébe.” Szakdolgozat, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2020.;
- [88] Rebecca Hills-Duty, „China Develops VR Training System For Its Military.” July 5, 2018. <https://www.vrfocus.com/2018/07/china-develops-vr-training-system-for-its-military/> (Letöltve: 2020.7.9.);
- [89] Kim Ji-yeon, „Korean startup releases VR simulators for military training.” Arirang News, 19 July, 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=Et5BsVOU1Lw> (Letöltve: 2020.7.9.);
- [90] Kyungbo Jung, Sangwon Lee, Seungdo Jeong, Byung-Uk Choi, „Virtual Tactical Map with Tangible Augmented Reality Interface.” *International Conference on Computer Science and Software Engineering 2*. (December 2008): 1170-1173, <https://doi.org/10.1109/CSSE.2008.1305>;
- [91] Marlok Tamás, „Virtuális valóság alapú taktikai szimulációs kiképzőeszközök hazai fejlesztési lehetőségei I. rész: Technológiai áttekintés”. *Hadmérnök* 15, sz. 3 (2020): 197–218. [https://doi.org/10.32567/hm.2020.3.11.;](https://doi.org/10.32567/hm.2020.3.11.)
- [92] Bohemia Interactive Simulations, „Virtual Parachute Trainer PARASIM® Uses VBS3 and TerraTools for High-fidelity Dropzones,” June 05, 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=1piQAEumeFM> (Letöltve: 2021.3.22.);
- [93] Chris Knight, „Businesses Can Learn From the Military in Embracing Chatbots and Mixed Reality,” June 12, 2018. <https://medium.com/@ChrisKnightcms/businesses-can-learn-from-the-military-in-embracing-chatbots-and-mixed-reality-197508b3c907> (Letöltve: 2020.7.9.).

HM ZRÍNYI TÉRKÉPESZETI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS SZOLGÁLTATÓ KÖZHASZNÚ NKFT.

Telephely: 1024 Budapest II., Szilágyi Erzsébet fasor 7–9. • ✉ 1276 Budapest 22, Pf. 85 • ☎ +36 (1) 336-2030 • www.topomap.hu • hm.terkepzeset@topomap.hu



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

• PrePress – Nyomdai előkészítés

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

• Gyorsokszorosítás

- színes és fekete-fehér másolás/nyomtatás 350 x 487 mm méretig

• Press – Nyomtatás

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

• PostPress – Kötészetű feldolgozás

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

• Vákuumformázás

- vákuumformázó szerszámok, terepasztalok előállítása CNC-technológiával
- vákuumformázás

ÜGYFÉLSZOLGÁLAT ÉS TÉRKÉPBOLT:

1024 Budapest II., Filler u. 14.

☎ +36 (1) 212-4540 • ugyfelszolgalat@topomap.hu

Nyitva tartás: hétfő–péntek 9.00–16.30

NYOMDAI GYÁRTÁSELŐKÉSZÍTÉS: ☎ +36 (1) 336-2035



Balajti István*

A rádiófrekvenciás radarhálózatok előnyei és megvalósításuk kihívásai

Az ELM–2084 rádiólokátor-technológia alapján

BEVEZETÉS

Izraeli technológiát tartalmazó radarokat vásárol a Rheinmetall Canada vállalattól a Magyar Honvédség – jelentette be Maróth Gáspár, a védelmi fejlesztésekért felelős kormánybiztos. Az ELM–2084 típusú légtérelenőrző, légvédelmi és tűzérési felderítő radarok várhatóan 2022-től állhatnak a magyar haderő rendelkezésére. Az együttműködés kutatás-fejlesztési programokat is tartalmaz. [1] Ezzel a beszerzéssel eldőlt, hogy az elkövetkező évtizedekben a magyar légvédelem és tűzérési érzékelő elemek gerincét az ELM–2084 MMR (Multi-Mission Radar – többfeladatú rádiólokátor) radarcsalád technológiája és

1. ábra. Az ELM–2084 MMR radar, terepjáró tehergépjárműre telepítve [2]



továbbfejlesztésének lehetőségei fogják meghatározni. A szerződésben foglaltak nem nyilvános tartalma miatt a radarról a szerző csak a gyártó cég weboldalán található adatokkal, valamint az interneten fellelhető információkkal rendelkezik. Az 1. táblázat összefoglalja az ELM–2084 rádiólokátor (továbbiakban: radar) ismert műszaki paramétereit.

Az „S” frekvenciasáv alkalmazásának előnyei az „L”, UHF és VHF frekvenciasávokhoz viszonyítva: a nagyobb 3D-s mérési pontosság – és azonos antennaerősítési tényezők esetén – a jelentősen kisebb antennaméret, ezért optimális a mobil és többfeladatú radaralkalmazásokhoz.

A frekvenciasáv további sajátossága:

- azonos típusú repülőeszközök hatásos radarkeresztmetszete (RCS – Radar Cross Section) általában kisebb, mint az alacsonyabb frekvenciasávokban;
- napjainkban szinte minden lopakodó-technológiát erre a frekvenciasávra optimalizálnak.

Az ELM–2084 MMR MŰKÖDÉSE, ALRENDSZEREI ÉS ÉLETTARTAMCIKLUSRA VONATKOZÓ LOGISZTIKÁJA

A korszerű radarmegoldások antennarendszereit napjainkban többnyire fázisvezérelt antennarendszer-kialakítással valósítják meg, amelyek közül a legkorszerűbb – egyúttal legbonyolultabb – rendszer az aktív fázisvezérelt antennarács (AESA – Advanced Active Electronically Steered Array) -technológia alkalmazása. Így van ez a jelen beszerzés alapját képező ELM–2084 radar esetében is. Az 1. táblázatban jelölt alkalmazási üzemmódtípusok gyorsan változó digitális antenna-iránykarakterisztika kialakítását követelik meg, mivel az elvárt feladatok és üzemmódok realizá-

ÖSSZEFOGLALÁS: Az elmúlt években a Zrínyi Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében rendkívüli mértékben felgyorsult a Magyar Honvédség és ezzel párhuzamosan a magyar hadiipar modernizációja. Az új beszerzésű élenjáró haditechnikai eszközök és technológiák alapjaiban megváltoztatják a magyar haderő képességeit és a védelmi ipar lehetőségeit. Ha a nemzetközi védelmi ipari együttműködésekben rejlő gazdasági, katonai potenciált a kutatás-fejlesztés területén és az eszközök élettartama alatti kiszolgálásában jelentkező lehetőségeket sikerül jól kihasználni, akkor jelentősen növekedhet Magyarország katonapolitikai presztízse is. Költséghatékonyan megoldhatóvá válik a magyar hadmérnök képzés és a katonai vezetés felkészültségének a kor követelményeinek megfelelő színvonalon tartása.

KULCSSZAVAK: Zrínyi Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program, rádiólokátor, kvázi monostatikus (KM), mesterséges intelligencia, ELM–2084, ELM–2090

ABSTRACT: In recent years, the modernisation of the Hungarian Army and the Hungarian military industry have been accelerated extremely. It is in the process of acquiring advanced military equipment and technologies, which can fundamentally change the Hungarian military and its industrial conditions of the past 30 years. If we can take advantage of these opportunities in developing economic and military research, as well as creating service assets for the life-cycle support that inherent in international military cooperation, the military political prestige of Hungary can be significantly increased. The readiness skills of the Hungarian military engineering and military leadership can be also solved in a cost-efficient way and to be elevated to the requirements of our time.

KEY WORDS: Zrínyi Defense and Armed Forces Development Program, radar, Quasi Monostatic (KM), Artificial Intelligence, ELM–2084, ELM–2090

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

1. táblázat. Az ELM-2084 MMR AESA*-radar specifikációja (A szerző szerkesztése a [2] [3] alapján)

	Légtérellenőrzés		Tűzérszközök helyzetmeghatározása
	Nagy hatótávolság	Réskitöltés	Lövedékek, „kisarakták”
Üzemi frekvenciasáv	„S” - sáv (hullámhossz = 10 cm) több párhuzamosan képzett sugárnyalábbal		
Telepítési mód	Mobil, áttelepíthető (légi szállítással is), fix telepítés		
Hatótávolság (Maximális)	475 km	250 km	100 km
Oldalszög/lefedettség	120° szektor, vagy 360°		120° szektor
Helyszög/lefedettség (Max. 50°)	0–33 km magassági tartományban	0,1–3 km magassági tartományban	Szükség szerint átkonfigurálható
Mérési pontosság	Nagy pontosságú 3D		0,3% CEP**
Útvonalképzés	<= 1100 db; <= 30 antennafordulat percenként		200 céltárgy/perc
Aktív zavarvédelem	Korszerűnek hirdetett, részleteiben ismeretlen		
Céltárgy-azonosítás	IFF***, azonosítás és céltárgy-osztályozás		
Hadrafoghatóság	Nagy megbízhatóság, fokozatosan leépülő redundáns alrendszerek		

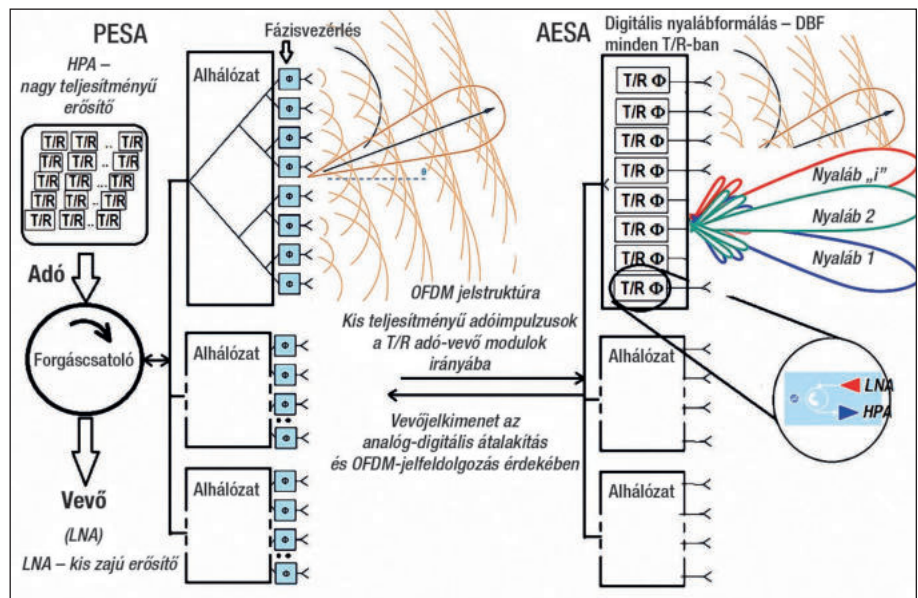
* AESA – Advanced Active Electronically Steered Array (élvonalbeli elektronikus sugárpozicionálással rendelkező fázisvezérelt antenna-rács); ** CEP – Circular Error Probable (körkörös mérésihiba-valószínűség); *** IFF – Identification Friend or Foe (barát-ellenség azonosítás)

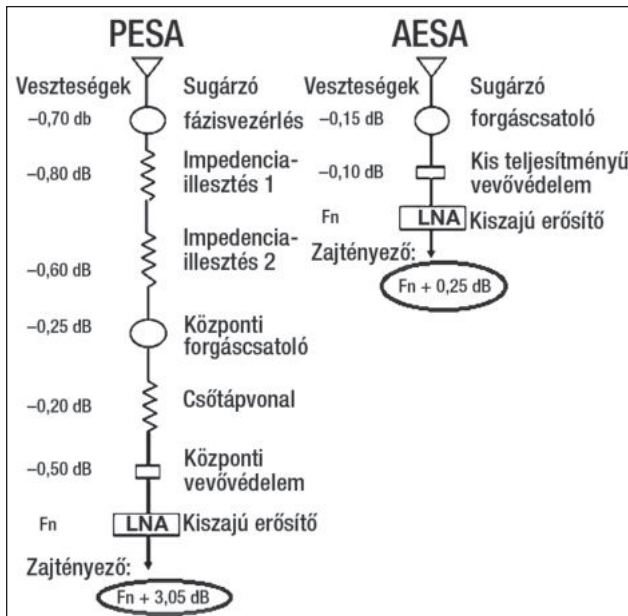
lásához különböző adójelforma, impulzusteljesítmény, nyalábszélesség és oldalnyalábszintek szükségesek. Nagy hatótávolságú légtér ellenőrzés esetén lassan forgó antennát vagy szektoros üzemmódot célszerű alkalmazni, hogy legyen elég idő a nagy távolságokon található céltárgyakról visszaverődő energia összegyűjtésére, integrálására, az elvárt jel-zaj+zavar viszony (SINR – Signal-to-interference-noise ratio) növelésére. Ideális esetekben csak jel-zaj viszony (angol kifejezéssel Signal-to-noise ratio – SNR vagy S/N) a hasznos és a vevőzaj aránya dB-ben kifejezve. Réskitöltő feladatok esetén, a céltárgyak közelsége miatt nagy a céltárgyak jel-zaj+zavar viszonya, ugyanakkor közvetlen veszélyt jelentenek a védendő objektumokra és folyamatosan manővereznek. Ezért a céltárgyakat – álló célzónában történő detektálás után – néhány másodpercen belül útvonalba kell fogni és azonosítani. A megbízható útvonalképzéshez a céltárgyak gyakori „helyzetmérése” (plot képzése) szükséges, amely manőverező, pilóta nélküli eszközök, drónok esetén két másodperc időtartamot igényel. A harmadik, a tűzérszközök helyzetmeghatározása üzemmódban azonban a fő működési jellemző jelentősen eltér az előzőktől. Ez esetben egy adott szektorban, a földközélpelben megjelenő tűzérségi lövedékek, kisarakéták helyzetét kell detektálni, majd útvonalba fogni, azonosítani, osztályozni, és meghatározni a lövedék röppályájának kezdeti és becsapódási pontjait. Ezután – ha lehetséges – azonnal aktivizálni kell a saját védendő objektumok védelmi rendszereit, és csapásmérést kell indítani az ellenséges tűzérszköz helyzetkoordinátáira. A feladatok ellátá-

sa érdekében a radar egy adott szektorban folyamatosan pásztázza a rádióhorizontot, várva a lövedékek indítását. Ha ez megtörténik, a tűzérségi lövedékek követését, a horizontot pásztázó sugárnyalábtól frekvenciában (vagy adójelparamétereiben „ortogonálisan”) eltérő és mérési pontosságban jobb paraméterekkel rendelkező nyalábokkal folytatják. A különböző céltárgyakra vonatkozó adatbázisok segítségével automatikusan meghatározhatók a lövedékek mozgásparaméterei, típusai és kiszámíthatók az ellenintézkedésekhez szükséges adatok.

A felvázolt feladatok megoldásához a legnagyobb kihívást az elektromos nyalábmozgatáskor fellépő magas oldalnyalábszintek jelentik, amelyek közeli, illetve állócélok vagy interferencia esetén intenzív hamis célképződések kialakulásához vezethetnek. Több, párhuzamosan előállí-

2. ábra. Az aktív és passzív fázisvezérelt antennák felépítése (A szerző szerkesztése)





3. ábra. A PESA- és AESA-antennák nagyfrekvenciás jelvesztései (A szerző szerkesztése a [4] alapján)

tott iránykarakteristika esetén a megoldandó kihívások jelentősen növekednek. Az antennanyereség és az irányélességi szög az antenna felületének nagyságától függ, amely napjainkban a rendszerben lévő „S” sávú radarok esetén 5000–10 000 sugárzó elem együttes rendszeréből áll. Az elmúlt 10 évben az elvárt 5–12 kW közötti átlagos adóteljesítmény már gazdaságosan kezelhető gallium-nitrid (GaN) technológiát alkalmazó adó-vevő (T/R – Transmit Receive) modulokkal. A GaN alapú adó-vevő AESA-rendszerű radar esetén az antennarendszer mögött szerelt modulokban, míg a passzív fázisvezérelt antennarács (PESA – Passive Electronically Steered Array) alkalmazása esetén külön adókabinban található. A PESA- és az AESA-radarok rendszerstruktúrájában lévő különbségeket szemlélteti a 2. ábra.

A két megoldás közötti fő különbségek az AESA-technológia több párhuzamos nyálbármálásában, az OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiple Access (ortogonális frekvenciaosztásos multiplex mód) megvalósíthatóságában, a nagyfrekvenciás jelek veszteségében, az antenna hőképeben, és a 15-20 évre előrevetített logisztikai költségekben jelentkeznek. A nagyfrekvenciás jelek veszteségeiben tapasztalható különbséget szemlélteti a 3. ábra. Megállapítható, hogy az AESA-radar veszteségei 3 dB-lel kisebbek a PESA megoldáshoz viszonyítva, amelynek következtében ezeknek a radaroknak a hatótávolsága – azonos körülmények, adóteljesítmények, antennaméreték és RCS esetén – 25%-kal nagyobb. (A radaregylet alapján 12 dB jelszint-növelés megduplázza a radar hatótávolságát.) További előnye a megoldásnak az élettartamciklusra vonatkozott, a nagy teljesítményeket elviselő, központi forgácsoló csőtápvonal és impedancia illesztések mellőzése miatt előforduló kevesebb kritikus meghibásodás. Általában az AESA-technológia T/R (adó/vevő) fázisvezérlést is tartalmazó moduljainak teljesítmény-csökkenése, a szomszédos T/R-modulok „szoftveres” átkonfigurálásával a T/R-elemek 30%-ának meghibásodásáig, üzem közben átkonfigurálható, mely a kívánt sugárzási karakteristika minél nagyobb mértékű megőrzését célozza.

A hőelvezetés problémáját valószínűleg megoldották az ELM-2084 radar esetén, hiszen a ventilátor és egyéb nagy

méretű hőelvezető egységek nem láthatók a radarról készült fotókon. A tapasztalatok alapján a nagy hőterheléssel járó sugárzókat, T/R modulokat, változtatható méretű antennacsoportokba szervezik, amelyek vezérlése és jelfeldolgozása szoftvermodulok alkalmazásával történik. Ezek a műszaki megoldások lehetőséget nyújtanak a radar mérési szabadságfokának flexibilis növelésére.

Az AESA-RADAROK ÉLETTARTAMCIKLUSRA (15–20 ÉV) VONATKOZÓ LOGISZTIKAI TÁMOGATÁSA

A korszerű radarok költséghatékony élettartamciklus-kihasználásának megszervezése területén jelentkező lemaradás oka elsősorban az lehet, hogy a Magyar Honvédségben az elmúlt 30 évben nem történt radarbeszerzés, és a korszerű RAT-31DL radarokat a NATO tartja fent. A fő kihívásokra megoldást jelenthet a Rheinmetall Canada vállalattal kötött együttműködési szerződés, amely tartalmazza a Magyarországon történő összeszerelést, gyártást és a közös kutatás-fejlesztést (K+F). Ebben a tényben még a szerződés részleteinek ismerete nélkül is biztosak lehetünk, hiszen ezen feltételek megléte nélkül lehetetlen a nemzetközi tendereknél szokásos „a minimális felhasználói-műszaki elvárásokat, minimális áron” beszerzett radar vételi árának 4-7 szeresét kitevő profitot, a 15-20 éves élettartamciklus során realizálni. A szerző tapasztalatai szerint az eredeti gyártóval kötött élettartamra szóló logisztikai támogatási szerződés lehetővé teszi a „mindkét fél csak nyerhet” helyzet megvalósulását, hiszen az együttműködés mindkét fél érdeke. Ezáltal az üzemeltetés során bekövetkező felhasználói követelmény-kiegészítések, saját kezelőállományunk működtetés során megmutatkozó szakmai hiányosságai, a hazai gyártási és K+F lehetőségek kihasználásával folyamatosan kiküszöbölhetők olyan területek is, amelyek – hagyományos szerződések esetén – az eredeti radar gyártója extra profitot realizálhat.

Fontos tény, hogy jelentős költségek takaríthatók meg a radarok professzionális logisztikai kiszolgálásával, ha rendszeres időközönként az eredeti gyártótól független „in-situ” radarperformancia vizsgálatra kerül sor, amely túlmutat a beépített tesztek lehetőségein, és biztosítja a radarperformancia elvárt szinten tartását, és a nagy értékű, hosszú üzemidő-kieséssel járó meghibásodások előrejelzését.

Az ELM-2084 MMR PERFORMANCIA-NÖVELÉSI LEHETŐSÉGEI

Az 1980-as évek elején világossá vált, hogy a céltárgyakat és a viselkedésüket leíró különböző RCS fluktuációs modellek jogilag nehezen kezelhetők a katonai átvevők számára. Ezért megfogalmazódott az igény egy egyszerű, ugyanakkor hatékony RCS-re vonatkozó elvárás kidolgozására, amelyet az Amerikai Egyesült Államokban használt szabványos



4. ábra. Rögibilabda, mint a szabványos hatásos radar keresztmetszet [13]



5. ábra. Az ELM-2084 MS-MMR aktív és passzív érzékelői (A szerző szerkesztése a [2] alapján)

rögbilabda anyagában, formájában, méreteiben, és a levegőben történő viselkedésében véltek megtalálni. (4. ábra.)

Ezen követelmények szerint méreteit és tömegét tekintve, a légi szállítható radarnak, telepítési helyétől 200 km távolságon, nagy magasságon indított szabványos rögbilabdákat, az egyenesrálátás-tartományon belül, több mint 80%-os valószínűséggel kell detektálnia és követnie. Az indítási pontok, oldal- és helyszögben ismeretlenek a radarkezelők számára. A három labda közül egy a radarhoz viszonyítva radiálisan, a második ezzel 45°-os szöget bezárva, míg a harmadik tangenciális, 90°-os szögben mozog. Az elvárásokat aktív zavarási környezetben kell teljesíteni, ahol a radartól 150 km távolságra található zavaróadó, a radar teljes üzemi sáv szélességét 50 W/MHz hatásos teljesítményű fehérzaj típusú zavarral lefoglalja. A zavarójel polarizációja megegyezik a radarantenna polarizációjával, és az időjárás körülmények ideálisak.

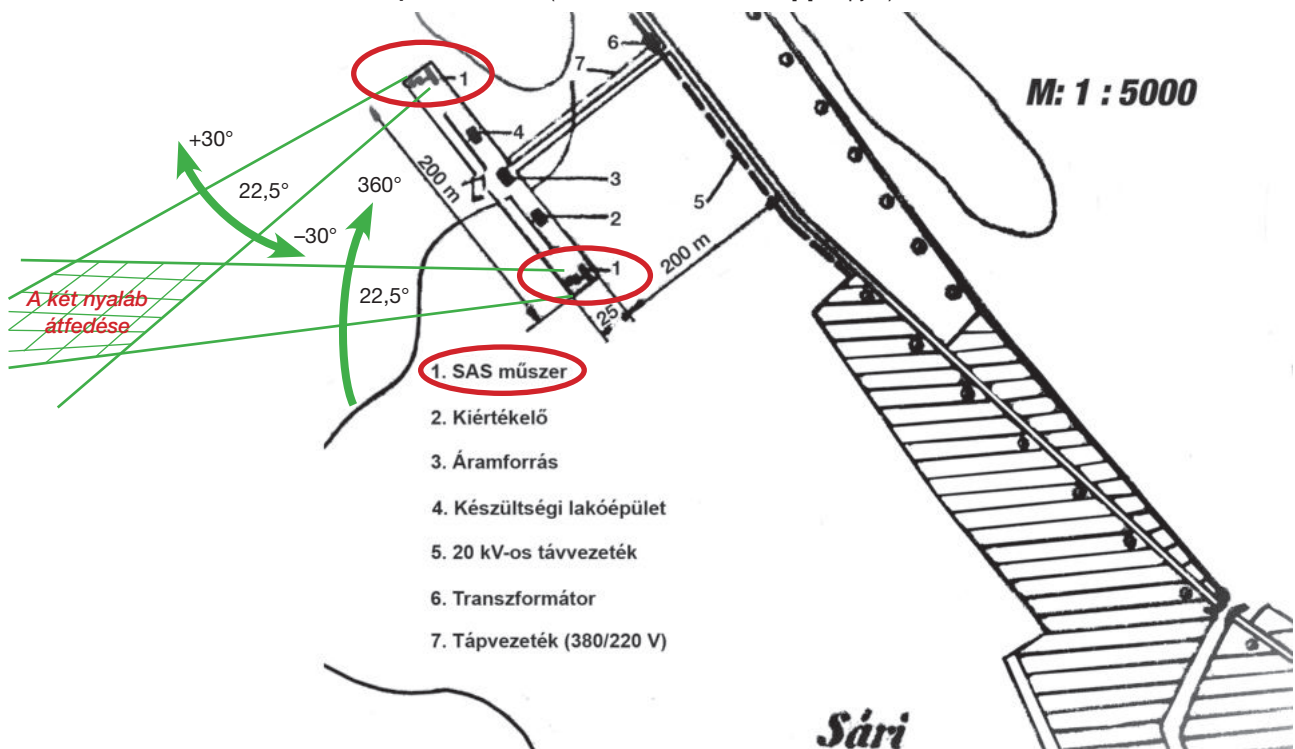
Az akkori radarszakemberek a feladatot egybehangzóan megvalósíthatatlannak nyilvánították, de másfél évtizeddel később, az 1990-es évek közepére a szakmai kihívást mégis sikerült megoldaniuk. (Pontos mérésekkel alátámasztott, részletes vizsgálati jegyzőkönyvek publikálásáról a szerzőnek nincs tudomása.)

A fenti feladat kihívásainak teljesítése jó alapot szolgáltathat a magyar légtérellenőrzés minőségi performanciánövelési elvárásainak vizsgálatához, esetleges új követelmények megfogalmazásához. A szerző szerint a feladat megoldási lehetőségei az alábbi irányok köré csoportosíthatók:

A radarok kiegészítése *elektro-optikai/infravörös* (hő/mikrohullámú érzékelőkkel) (EO/IR/RF Sensors – Electro-Optical/Infra-Red/Radio-Frequency Sensor) és a különböző érzékelőkkel szerzett információk fúziójával. Az 5. ábrán látható, hogy az ELM-2084 rendelkezik továbbfejlesztett MS (Multi-Sensor) verzióval. A barát-ellenség azonosító (IFF) rendszer elemei az AESA antennarendszer tetején található. Az AESA oldalaira és hátrafelé, a hordozóplatformra szerelve található – a szerző véleménye szerint – az „X” vagy „K” sávban üzemelő radarok, amelyek kiegészítik az ellenőrizhető légtereket. A fő antenna és az IFF-antenna között, található a passzív mikrohullámú érzékelőrendszer (SIGINT – Signals Intelligence), amelynek feladata a rádiófelderítés. A felsorolt rendszer elemek szükségességét a sokfajta és fejlett rádióelektronikai zavarórendszer és eljárás igazolja, amelyek megkövetelik a radarok elektronikus védelmének szinte folyamatos korszerűsítését. [5] Ilyen feladat többek között az antennák függőleges iránykarakterisztika oldalnyalábszintjeinek csökkentése, amely a radar holtkúpján keresztül érkező zavarás elleni védelmet növeli.

A rádiófrekvenciás (RF) (mikrohullámú) radarhálózatok kialakításának célja a radarok hatótávolságának, mérési pontosságának és aktív zavarvédelmi képességeinek növelése. Ezen a területen magyar vonatkozású történelmi előzményekkel rendelkezünk. A második világháborúban a katonai K+F tevékenységet a Magyar Királyi Honvéd Hadi-

6. ábra. A Sas-1 és Sas-2 radarok települési körzete (A szerző szerkesztése a [6] alapján)



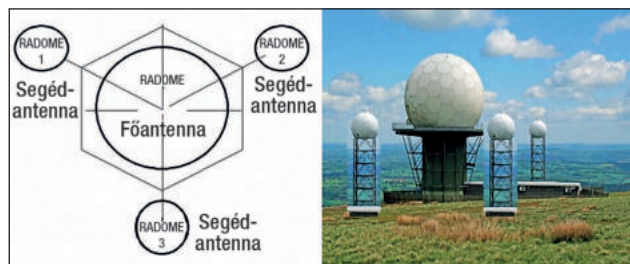
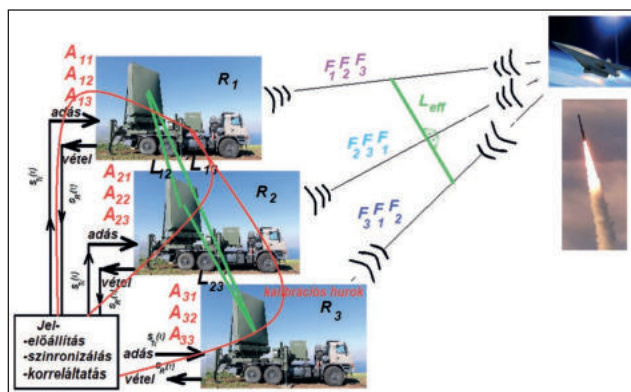
technikai Intézet koordinálta, amelynek rádióelektronikai szegmensét – ezen belül a rádiólokátorok fejlesztését – dr. Jáky József kormánybiztos vezette. A rádiólokációval kapcsolatos elméleti kutatásokért dr. Bay Zoltán fizikus, míg a rádiólokátorok építéséért dr. Istvánffy (Rainer) Edvin gépészmérnök volt felelős. 1943. december 20-án, Sári község közelében hadműveleti szolgálatba állították az első teljesen magyar fejlesztésű távolfelderítő rádiólokátorokat. [6] (6. ábra.)

A Sas-radarok a „méteres”, más néven VHF hullámtartományban, 120 MHz-en üzemeltek, szimmetrikus táplálású, passzív, fázisvezérelt antennaráccsal (PESA). A vízszintes antenna nyalábszélessége $22,5^\circ$ volt, amely az oldalszög mérési pontosságának növelése érdekében kiegészült monopulzusos irányméréssel. Az elméleti szabadteri céltárgydetektálási távolság – Liberator típusú, $RCS = 10 \text{ m}^2$ -es céltárgyat alapul véve – 136 km volt. Ebben az időben ismerték fel, hogy a méteres hullámtartományban a földfelszínről történő reflexió megnöveli a céltárgyak maximális detektálhatóságát, ez esetben kb. 200 km-re. Az egymástól 200 m-re települt Sas-1 és Sas-2 közül az egyik per centenként háromszor tapogatta le a körkörös en a légteret, míg a másik csak a kijelölt fő szektort pásztázta. Így a radarok minden letapogatási ciklus alatt ugyanazon $22,5^\circ$ -os szektort vizsgálták. Gyakran előfordult, hogy ezekben az esetekben az Alpok fölött repülő Liberator-kötélekeket 400–500 km távolságban detektálták. Abban az időben csak rendellenes hullámterjedéssel tudták magyarázni a jelenséget, de napjainkban már ismert, hogy ez a radarok úgynevezett kvázi monostatikus (KM) telepítésének volt köszönhető. Ez esetben a rádiólokátorok adóteljesítményei, adó- és vevőantenna-nyereségei, valamint a céltárgyról visszavert jelek összeadódnak, ezáltal a SINR 12 dB-lel nő, és ez a Sas-1 és Sas-2 radar hatótávolságát megdupláztta.

Természetesen az előbb felvázolt alkalmazási elvet az ELM-2084 radarokkal is ki lehet használni, pl. a 7. ábrán jelzett módon. Ezen elgondolás szerint, a radarok alapvetően önállóan hajtják végre harcfeadataikat, de előkészíthetők KM üzemmódban történő működésre is. Ez utóbbi működés esetén települjön a három radar 10 km-es sugarú körön belül egymástól L_{12} , L_{13} , és L_{23} távolságra.

A szakirodalomban többféle KM működési eljárást fogalmaznak meg, amelyek közül a a szerző – a megvalósíthatósági kihívások ellenére – az alábbi megoldást tartja optimálisnak. [4] [8] Ez esetben a három radar egyikét fő- vagy referenciadarra jelölik ki, amelynek alapjel-előállító egységét használja a másik két radar, ehhez szinkronizálják a radarok sugárnyaláb-mozgatását és az AESA-k adásvételi folyamatait. A feladat megoldása megkívánja a három radar RF jelelőállításának korreláltatását, amely a rendsze-

7. ábra. Az ELM-2084 radarok kvázi monostatikus telepítése (A szerző saját vázlata)

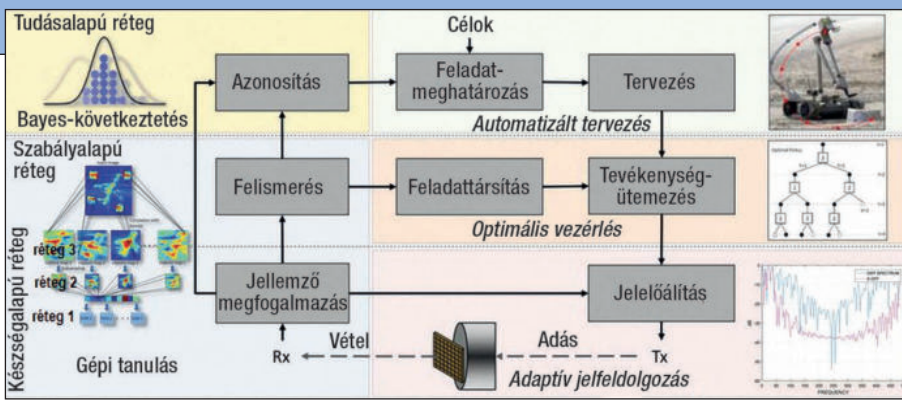


8. ábra. Aktív zavarok és önráveztető rakéták elleni védelem rendszertopológiája (A szerző saját vázlata)

rek korrelációs hurkain keresztül (A_{11} , A_{12} , A_{13} , A_{21} , A_{22} , A_{23} , A_{31} , A_{32} és A_{33}) megvalósítható. Az egyszerűsített leírás miatt fogadjuk el, hogy minden kisugárzott impulzus három vivőfrekvenciát használ a 7. ábrán jelzett R_1 , R_2 és R_3 radarok kisugárzási sorrendjében. A referenciadar és a céltárgy közötti egyenesre merőleges metszet határozza meg a radarok közötti hatásos távolságot, jelölése: L_{eff} . Ennek nagysága behatárolja a KM-konfiguráció mérési adatainak pontossági növekedését. A felvázolt KM-radarkonfiguráció performancia-növekedése könnyen belátható a Sas-1 és Sas-2 rendszernél ismertetett módon. Három ELM-2084 radar KM üzemmódban háromszorosára növeli a rendszer adójel-teljesítményét, az adó- és vevőantennák nyereségét és a céltárgyról visszavert impulzusok számát. Ezek az alrendszer-performanciák összeadódnak, ezért a radar egyenletben szereplő SINR 18 dB-lel nő. Ez fizikai jelenség a céltárgydetektálás hatótávolságát két és félszeresére növeli. A radaregyenleten alapuló Blake chart számítások paramétereinek változtatásával több olyan elméleti ELM-2084 üzemmód is kidolgozható, amelyeknél az alrendszer-paraméterek lehetőséget adnak a szabványos rögbilabda 80 km távolságon történő detektálására. Három radar KM üzemmódban történő alkalmazása esetén ez a távolság 200 km. További hatótávolság-növekedés érhető el a céltárgykörnyezetre vonatkozó korrelációs kapuban alkalmazható, változó küszöbértékképző algoritmusokkal. (9. és 11. ábra.)

Korszerű KM-radaralkalmazásokra példa a 8. ábrán bemutatott elrendezés. Ez a rendszertopológia megduplázza az eredeti radar hatótávolságát, miközben harcéri helyzetekben megoldja és/vagy kiterjeszti az aktív zavarokkal és az önráveztető rakétákkal szembeni védelmet. Ebben az elrendezésben a rendszer középpontjában RADOME² alatt található az ELM-2084, három egymástól 120° -ban elhelyezkedő segéd AESA antennával körülvéve. A segéd AESA-k felépítésükben megegyeznek a fő antennával, de méretük annak csak egyharmada. A fő- és segédantennák sugárnyaláb-mozgatása, jelelőállítása közös, és megegyezik az előzőekben leírtakkal. Mindkét ismertetett példa harcéri körülmények közötti legfontosabb tulajdonsága a két-háromszoros hatótávolság-növekedés és a kimagasló aktív zavarvédelmi képesség.

Tény, hogy a hadseregek személyi állományának drasztikus csökkenésével azok kognitív lehetőségei jelentősen csökkentek. Ennek alapvető oka, hogy a múltban a katonai eszközök kezelését kiképzéssel és hadgyakorlatokkal magas szinten lehetett tartani. Napjainkra azonban a katonák szerepét átvették az adott feladatra optimalizált számítástechnikai algoritmusok, IT-megoldások, amelyeket elsősorban szimulált feladatokra fejlesztettek. Ugyanakkor a radarok által alkalmazott jelmodulációk, jel- és adatfeldolgozó algoritmusok, eljárások a szakirodalomban hozzáférhetőek és megtanulhatók, rádiófelderítéssel alkalmazásuk mechanizmusa kiismerhető és kognitív képességek hiányában a kisugárzott jel „hatékonyan” manipulálható. Ezért



9. ábra. A kognitív radararchitektúra háromrétegű modelljét támogató technológiák [9]

komoly veszélyként merül fel, hogy az automatizált katonai műszaki megoldások, a robotizáció, a kognitivitás hiányában nagyon sebezhető újfajta elektronikai harcszközökkel. A további veszélyforrások kiküszöbölése érdekében fontos szempont a műszaki katonai tudományok kutatásában rejlő újfajta szemléletmódok, lehetőségek beépítése.

Az érzékelt problémák kezelésére 10-15 éve intenzív kutatások kezdődtek a radarok kognitív képességeinek kialakítására. Ennek lényege, hogy a dinamikus, állandóan változó radarkörnyezetet a mesterséges intelligencia különböző szakterületein jelentkező eredmények felhasználásával megfigyeljük, értékeljük, és a radarokban már széleskörűen alkalmazott adaptív eljárásokon túlmutató kognitív képességekkel kiegészítjük. [4] [8] [9] A 9. ábrán látható elrendezés a Rasmussen-modellhez³ hasonló kognitív radararchitektúra kifejlesztéséhez minden kognitív alfunkciót három rétegbe és öt különböző radar-jelfeldolgozási technológiába sorol. A három réteg: készisgalapú, szabályalapú és tudásalapú rétegek, míg az öt radar-jelfeldolgozási technológia: a gépi tanulás, a statisztikai alapú Bayes-következtetések⁴, az adaptív jelfeldolgozás, az optimális vezérlés és az automatizált tervezés témaköreibe csoportosítható. A szerző nem rendelkezik információval az ELM-2084 radarban alkalmazott kognitív algoritmusokról, de biztos abban, hogy a magyar szakemberek számára komoly kihívást jelent azoknak a feladatoknak a megoldása, amelyek nyomán követhetővé válik a radartechnológia nemzetközi fejlődése.

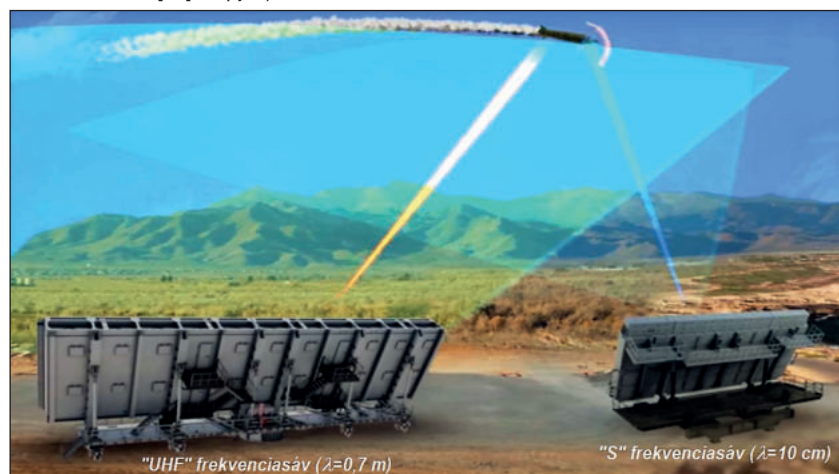
A STRATÉGIAI, KORAI ELŐREJELZŐ RADARRENDSZEREK SZÜKSÉGESSÉGE

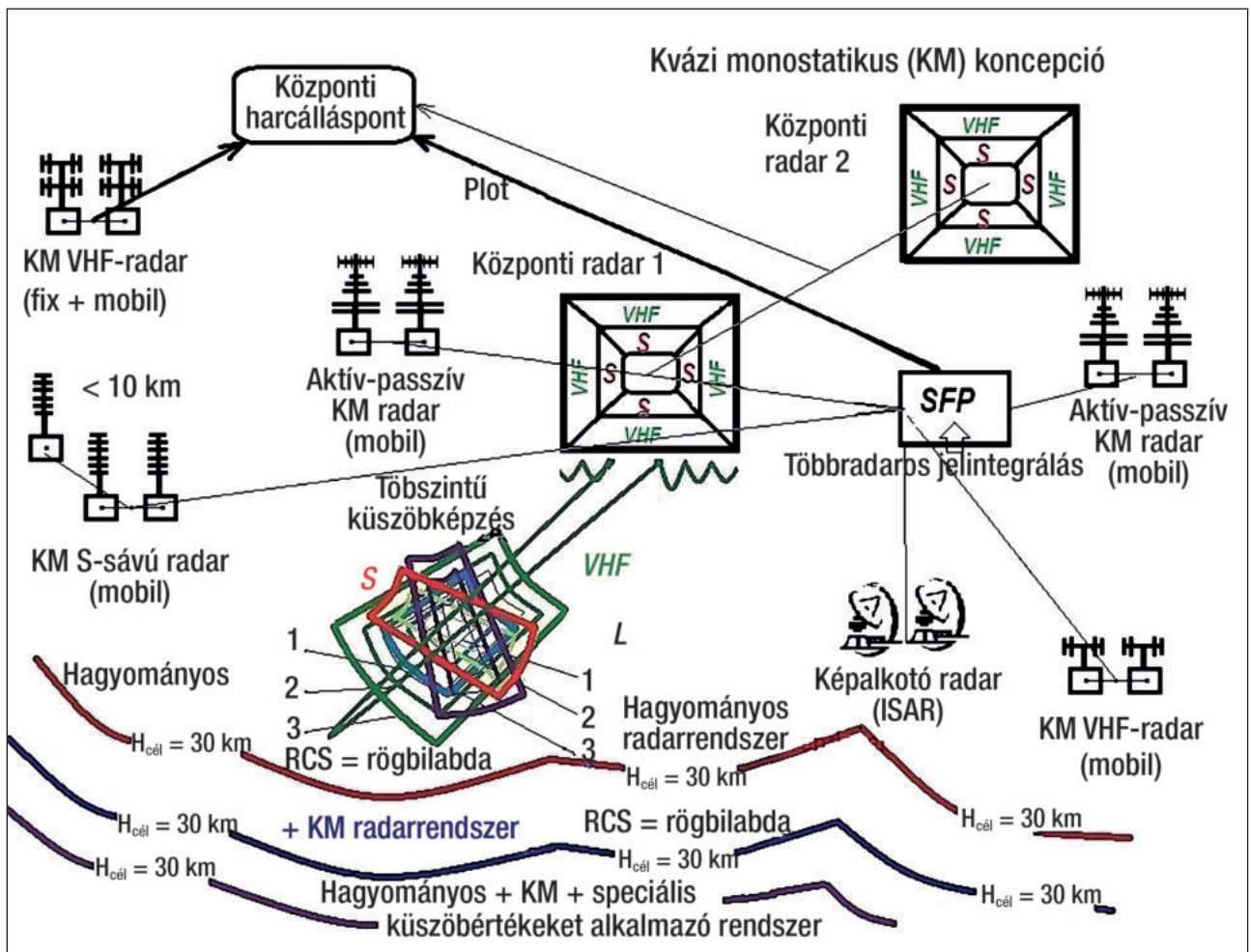
Napjaink légvédelmi rendszerei hatástalanok a hiperszonikus fegyverek ellen, mivel ezek a radarok légtérelenőrzési terei fölött repülnek. Az interkontinentális rakéták elleni védelem lehetőségei is korlátozottak, mivel a rakéta a röppályák alatt, a 23-60 km-es magassági tartományban manővereznek. A megoldást a légtérelenőrző, nagy hatótávolságú radarrendszerek performancia-növelése jelenti: magasságban 33 km-ről legalább 60 km-re, míg távolságban 460 km-ről 1200 km-re. [10] A javasolt műszaki megoldások között szerepel a lengyel radarszakemberekkel közösen kifejlesztendő nagy hatótávolságú VHF-radar KM alkalmazásban. Mindkét ország jelentős tapasztalatokkal rendelkezik a VHF-radarok üzemeltetése területén, domborzati viszonyaik optimálisak a VHF-radarok telepítésére, és a két országban települt korai előrejelző VHF-radarok „belátnak” egymás légterébe. Ez utóbbi lehetőséggel megoldható a VHF-radarok holtkúpjában

10. ábrán bemutatott ELM-2090 TERRA stratégiai, két frekvenciasávban üzemelő radarrendszer (Strategic Early Warning Dual Band Radar System) megvásárlásával. [12] Eredetileg ezt a rendszert rakétavédelemre és alacsony műholdpályák megfigyelésére fejlesztették ki, de átalakítható hiperszonikus fegyverek detektálására és követésére is. Az „S” frekvenciasávban üzemelő radar megépíthető 5-6 db ELM-2084 típusú radar gallium-nitrid technológiát alkalmazó adó-vevő GaN T/R és SW moduljain, míg az UHF-radart célszerű lehet megvásárolni, vagy a VHF radarra áttervezni. Az ELM-2090 rendszer beszerzése valószínűleg nagyságrendileg költségesebb lenne, mint a lengyel szakemberekkel közös KM VHF-radar-fejlesztés.

A 11. ábrán a szerző által korszerűnek tartott magyar légtérelenőrző rendszer összefoglalása látható. A kvázi monostatikus koncepció központi eleme a két helyszínen települt, két frekvenciasávban üzemelő, nagy teljesítményű radar. Ezek fix településűek, de a rendszer szerves részét képezik a fix és mobil telepítésű KM VHF-radarok, aktívpasszív radarok, a három radarból álló mobil ELM-2084 radarcsoport, a képalkotó radar (ISAR – Inverse Synthetic Aperture Radar) és a központi harcálláspont. A 11. ábrán jelölve látható a rendszer maximális hatótávolsága három működési eljárás esetére. A lehetőségek érzékeltetésére a céltárgy legyen *rögbilabda*, *RCS=conts.*, amelyet minden esetben $H_{06} = 30$ km-en kell detektálni, mivel napjaink széleskörűen elterjedt „hagyományos” radarrendszerei ezt teszi lehetővé. Ehhez viszonyítva a hagyományos radarrendszer KM alkalmazásokkal kiegészülve, minimálisan megduplázza a *rögbilabda* detektálhatóságát, és ez – a fő veszélyeztetettségi irányokban – tovább növelhető a „több-radaros jelintegrálást” speciális küszöbértékeket alkalmazó korrelációs kapukkal.

10. ábra. ELM-2090 TERRA stratégiai, korai előrejelző radarrendszer (A szerző szerkesztése a [12] alapján)





11. ábra. Elképzelés a magyar légtérelenőrző rendszer korszerűsítésére (A szerző szerkesztése)

ÖSSZEGZÉS

A tanulmány a magyar légvédelem radarrendszerének korszerűsítésében jelentkező, legjelentősebb műszaki megoldások áttekintése. A rádiófrekvenciás radarhálózatok előnyei világosak: a jelenlegi megoldásoknál jelentősen nagyobb céltárgyfelderítési távolság, mérési pontosság, felbontóképesség és zavarvédelem. Hagyományos és kvázi monostatikus radarok „szövevényes” kapcsolatinak kiépítését igényli, amelyek csak képzett hadmérnökökkel oldhatók meg. Az új műszaki kihívások, a beszerzés alatt álló ELM-2084 radartechnológia hazai adaptálásának útjai és feladatai körül csoportosíthatók. A jelen tanulmány természetesen csupán egy elképzelés, de remélhetőleg érzékelteti a XXI. század radarrendszer-fejlesztésekben lévő új típusú kihívások nagyságrendjét és a megvalósításukban rejlő katonai és tudományos lehetőségeket. A Rheinmetall Canada vállalattal kötött szerződés – az eszközök beszerzésén túl – a hosszú távú együttműködés során megvalósuló kutatási- és fejlesztési programoknak köszönhetően figyelemre méltó lehetőséget tartogat a magyar radarszakértők számára is.

HIVATKOZOTT IRODALOM

[1] „Új radarokat vesz a honvédség” *hirado.hu*, <https://hirado.hu/belfold/cikk/2020/12/11/uj-radarokat-vesz-a-honvedseg/> (Letöltve: 2021.8.28.);

[2] „ELM 2084 MMR (Israel)” *Missile Defence Advocacy Alliance*, 2020.12. <https://missiledefenseadvocacy.org/defense-systems/elm-2084-mmr-israel/> (Letöltve: 2021.1.16);

[3] Annas Ahronheim „ELTA Systems joins Lockheed Martin to offer radar for US ‚Sense Off”, *The Jerusalem Post* 2019.7.8. <https://www.jpost.com/Israel-News/ELTA-Systems-joins-Lockheed-Martin-to-offer-radar-for-US-Sense-Off-594982> (Letöltve: 2021.1.16);

[4] Klemm, Richard, Ulrich Nickel, Christoph Gierull, Pierfrancesco Lombardo, Hugh Griffiths, és Wolfgang Koch, szerk. *Novel Radar Techniques and Applications Volume 1: Real Aperture Array Radar, Imaging Radar, and Passive and Multistatic Radar*. Institution of Engineering and Technology, 2017. <https://doi.org/10.1049/SBRA512F>;

[5] Balajti István, „Korszerű elektronikai harceszközök hatása a rádiólokátor rendszerekre”, *Haditechnika* 55, 3. sz. (2021): 2–7. <https://doi.org/10.23713/HT.55.3.01>;

[6] I. Balajti, F. Hajdú, “Surprising findings from the Hungarian radar developments in the era of the second world war” *URSI Radio Science Bulletin* 358 (2016): pp. 82-108, http://www.ursi.org/content/RSB/RSB_358_2016_09.pdf (Letöltve: 2018.10.6);

[7] V. Chernyak, *Fundamentals of Multisite Radar systems*, Gordon & Breach Science Publisher, 1998;

- [8] S.Z. Gurbuz, H.D. Griffiths, A. Charlish, M. Rangaswamy, M.S. Greco and K. Bell, "An Overview of Cognitive Radar: Past, Present, and Future", *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine* 34, 12. sz. (2019): 6–18. <https://doi.org/10.1109/MAES.2019.2953762>;
- [9] Brüggewirth Stefan, Marcel Warnke, Christian Bräu, Simon Wagner, Tobias Müller, Pascal Marquardt, és Fernando Rial, „Sense Smart, Not Hard: A Layered Cognitive Radar Architecture”. In *Topics in Radar Signal Processing*, szerkesztette Graham Weinberg. InTech, 2018. <https://doi.org/10.5772/intechopen.71365>;
- [10] Balajti István, „A hiperszonikus fegyverek hatása a légvédelemre és a légtérellenőrzésre”. *Haditechnika* 55, 1. sz. (2021): 2–7. <https://doi.org/10.23713/HT.55.1.01>;
- [11] Jianqi Wu, *Advanced Metric Wave Radar*, Singapore: Springer Singapore, 2020. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-7647-3>;
- [12] “ELM-2090 TERRA Strategic Early Warning Dual Band Radar System,” IAI, <https://www.iai.co.il/p/elm-2090-terra> (Letöltve: 2021.1.17.);
- [13] Forrás: <https://www.shutterstock.com/hu/search/rugby+ball+vintage> (Letöltve: 2021.6.10.).

JEGYZETEK

- 1 Gyakran nevezik még: multistatikus, kvázi monostatikus (KM), iker vagy MIMO – multiple-input multiple-output radaroknak.
- 2 A RADOME (radar-dome – radarkupola) radarrendszerek és a műholdas kommunikáció (SATCOM) antennák burkolata, amely készülhet merev, önhordó anyagokból vagy levegővel felfújt rugalmas szövetből is. A RADOME megvédi a radarrendszert vagy az antennát az időjárás viszontagságaitól és elrejti a nyilvánosság elől. Olyan anyagból készül, amely csak minimálisan csillapítja az antenna által továbbított vagy vett elektromágneses jelet. (A szerk.)
- 3 Jens Rasmussen 1983-ban alkotta meg az ember-gép rendszerek információ-feldolgozás hierarchikus kognitív szintjeit leíró modellt. Alapfeltevése, hogy az emberi tevékenység célok által vezérelt, ezek a célok jöhetnek kívülről (feladat, utasítás, elvárás), de fakadhat a személy belső igényéből, törekvéseiből is. Vizsgálta azt is, hogy az adott cél végrehajtásakor milyen mechanizmusok állnak az ember rendelkezésére. (A szerk.)
- 4 Thomas Bayes (1701–1761) angol matematikus, presbitériánus lelkész nevéhez kötődik egy speciális matematikai formula, a Bayes-tétel, amelyet ő maga sosem publikált, halála után, a jegyzeteiből állították össze. A tétel a valószínűségszámításban egy feltételes valószínűség és a fordítottja között állít fel kapcsolatot. (A szerk.)

Prof. dr. Krajnc Zoltán (főszerk.)

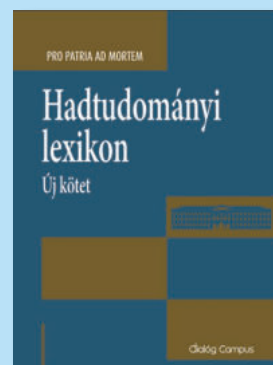
Hadtudományi lexikon Új kötet

A Magyar Hadtudományi Társaság gondozásában 1995-re elkészült kétkötetes Hadtudományi lexikon 4000 szócikkben dolgozta fel a korszak releváns hadtudományi ismeretanyagát. Az eltelt több mint húsz év alatt olyan globális politikai, geostratégiai átrendeződések zajlottak le és olyan mértékű haditechnikai fejlődés ment végbe a világban, amely alapjaiban változtatta meg a hadviseléssel kapcsolatos gondolkodást. A hadtudomány korszerű ismereteinek lexikon jellegű összefoglalása érdekében prof. dr. Krajnc Zoltán ezredes főszerkesztő és prof. dr. Padányi József vezérőrnagy szakmai vezető irányításával a Magyar Tudományos Akadémia Hadtudományi Bizottsága, a Magyar Hadtudományi Társaság, a Honvéd Tudományos Kutatóhely, valamint a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar több mint 80 munkatársa, két év alatt dolgozta ki a 11 tematikus egységbe sorolható, alfabetikus sorrendben szereplő 4000 szócikket. A szerkesztőbizottság feladata volt a hadtudomány, illetve a katonai műszaki tudományok kutatási spektrumának megfelelő tudományági főcsoportok, valamint tudomány-szakterületek meghatározása. A tudományok rendszertani csoportosítása napjainkban rendkívül összetett és nehéz feladat, különösen az interdiszciplináris, továbbá interdependens területek esetében.

A szerkesztőbizottság az alábbi főcsoportokat határozta meg: hadtudomány, annak elmélete, kialakulása, fejlődése, tárgya, feladata, módszerei, jövője. A biztonság katonai dimenziója, a biztonsági kihívások katonai vetületei és a nemzetközi válságkezelés. A hadművészet ágazatai: a katonai stratégia, a hadművelet, a harcászat és a katonai vezetés. A katonai műveletek, a hadtudomány műveleti támogató területei, a műveleti kiszolgáló támogatás területei, beleértve a haditechnikát és a védelemgazdaságot. A hadtörténet, a védelmi igazgatás és benne a hadijog, a humánpolitika, a kiképzés és felkészítés, valamint a katonai szociológia, pszichológia és pedagógia.

A szerkesztőbizottság reményei szerint a Hadtudományi lexikon új kötete hasznos segítőtje lesz a hadtudomány művelőinek, továbbá kapaszkodót jelent és értékes információkat nyújt a jelenkori hadtudomány iránt érdeklődő olvasóknak is.

A Dialóg Campus kiadónál 2019-ben megjelent, 4000 szócikket tartalmazó, keménytáblás könyv terjedelme 1200 oldal. A kiadvány „A jó kormányzást megalapozó közszolgálat-fejlesztés” című KÖFOP-VEKOP projekt keretében jelent meg. A kézikönyv – regisztráció után – pdf formátumban ingyenesen letölthető a Ludovika Egyetemi Kiadó webshopjából, a <https://webshop.ludovika.hu/termek/sorozatok/pro-patria-ad-mortem/hadtudományi-lexikon-uj-kotet/> linkről. (DRU.)





Dr. Hennel Sándor* – Kelecsényi István**

Az Aero Vodochody cseh repülőgépgyártó vállalat és repülőgépei

II. rész

A tanulmány első részében a szerzők bemutatták az Aero Vodochody repülőgépgyár történetének korai szakaszát és fejlesztéseinek eredményeit. Az Aero gyár – az alkatrészgyártás mellett – 1953 óta épít gázturbinás repülőgépeket. Az üzemben kezdetben licenc alapján szovjet harci repülőgépeket gyártottak, majd – a gyártási tapasztalatok birtokában – 1962-től építenek saját konstrukciójú gázturbinás kiképző repülőgépeket. A különböző típusokat, így az L-29 Delfin, az L-39 Albatros, az L-59 Super Albatros, és az L-159 ALCA könnyű harci repülőgépeket a tanulmány első részében ismertették a szerzők. A folytatásban további információkat közölnek az L-159 ALCA repülőgépről. A szerzők felidézik az L-39NG (Next Generation) kiképző repülőgép-típuscsalád fejlesztésének egyes állomásait, majd részletesen kitérnek az Aero Vodochody repülőipari beszállítói tevékenységére, és az L-39 típusú repülőgépek magyarországi alkalmazására is.

Az L-159 ALCA első kétüléses prototípusa 1997. augusztus 2-án emelkedett a levegőbe az Aero veterán gyári berepülőpilótája, Miroslav Schützner vezetésével. Egy évvel később mutatkozott be az 5832 oldalszámú együléses harci változat, amelybe már a teljes elektronikai rendszert beépítették. A repülőgép éleslövését Norvégiában tartották, mert a lövészetre a Cseh Köztársaságban nem találtak megfelelően alkalmas lőteret. [13]

Az első példányokkal 2000-től a cseh légierőt szerelték fel. A gyártó összesen 72 darab repülőgépet épített. Ezen-

kívül az 5831-es oldalszámú repülőgép korábbi műszerezettséggel berepülésre, prototípusként készült, az 5832-es a szériagépeknek megfelelő műszerezettséggel és felszereltséggel szintén prototípusként épült meg, épp úgy, mint a 6073 oldalszámú L-159B típusú kétkormányos. Ezek a repülőgépek a gyár tulajdonában maradtak. Mindezekon kívül 2 darab sárkányt építettek statikai és törő (ultimate) terhelési vizsgálatok érdekében. A cseh haderő reformját követően, amely elsősorban technikai leépítésekkel járt, 48 repülőgépet a berepülésük után visszaszállítottak az Aero-hoz tartós tárolásra, majd a cseh kormány az értékesítésük mellett döntött. Az Aero számos gyakorlórepülőgép-tenderen indult, de a hasonló paraméterekkel rendelkező típusokat gyártó és exportáló országok jelentősebb gazdasági és hadügyi lobbija miatt, megfelelő promóció és marketing nélkül nem számíthatott átütő sikerre. Nagyban nehezítette az eladást, hogy az amerikai alkatrészek és hajtómű miatt, a potenciális exportpiac jelentősen leszűkült. Az amerikai kormányzat 2009-ben például blokkolta az L-159-es értékesítését Bolíviának, és később Szíriának is.

Az Aero első export-értékesítésére 2015-ben került sor, amikor az iraki kormánnyal 14 db repülőgép megvásárlásáról írt alá szerződést. Az első két L-159A típusú példány – a korábban lekonzervált készletből – már abban az évben átrepült Irakba. 2016-ban a gyár 10 db L-159A, valamint 2 db L-159T1 típusú repülőgépet szállított a megrendelőnek.

* Okleveles gépészmérnök, helikoptervezető, katonai-műszaki tudományok PhD, a Magyar Hadtudományi Társaság Légierő Szakosztály tagja. ORCID: 0000-0002-1923-3432.

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



11. ábra. ALCA L-159A típusú felfegyverezhető repülőgép a cseh légierőben, az iraki légierőben és a Draken International amerikai magáncégnél is szolgál (Forrás: Aero Vodochody)

Az amerikai Draken International magáncég, amely az Amerikai Egyesült Államok légierőjének (USAF) végez bérrepüléseket, 21 db-ot szerzett be az egykori cseh légierő példányai közül, illetve a Lewis Fighter Fleet LLC is vásárolt 3 db L-159A változatot. Ez a 3 db egykormányos repülőgép a korábban a spanyol légierő számára átadott repülőgépek további eladásából származott, amelyek közül 2 db-ot a Draken időközben megvásárolt.

Jelenleg a cseh légierőben 16 db együléses L-159A, 5 db kétüléses L-159T1 és 3 db L-159T2 gyakorló változat áll hadrendben. [13] A légierő két repülőgépet veszített az üzemeltetés során. 2003. február 24-én a 6056-os oldalszámú változat a Plamen gépágyú-konténerrel végzett gyakorló repülést, 2012. novemberben Kolin közelében, a 6061 oldalszámú L-159A pedig bemutatórepülés közben zuhant le, Ondrej Sovina főhadnagy halálát okozva. [14]

2018-ban a Farnborough Nemzetközi Repülési Kiállításon (Farnborough International Airshow)² a cseh gyártó egy modernizált ALCA változat tervét és makettjét mutatta be, amelyet az Aero és az Israel Aerospace Industries (IAI) kooperációban építettek. A repülőgépet az amerikai OA-X könnyű harcirepülőgép-tenderre³ szánták, annak ellenére, hogy a követelményeknek csak részben felelt volna meg. Az átnevezett F/A-259 Stryker, az együléses L-159A továbbfejlesztése lett volna, Honeywell F-124-GA-100 gázturbinával, NVG-kompatibilis 4. generációs műszerezettséggel, vélhetően izraeli AESA lokátorral, sisakcélzóval, légi utántöltési és valós idejű, műholdas kommunikációs lehetőséggel (hálózati alapú hadviselési képességgel). A fegyverzete bővült volna az ALCA arzenáljához képest, célmegjelölő és felderítő

konténereket is integráltak volna hozzá. A kiállításon sajtótájékoztatót tartottak, valamint számítógépes animációkat és grafikákat is bemutattak az új változatról. Az azóta eltelt időszakban a repülőgép tervezéséről, esetleges prototípus építéséről nincs újabb információ. [15]

Az L-39NG (NEXT GENERATION) KIKÉPZŐ REPÜLŐGÉP TÍPUSCSALÁD FEJLESZTÉSE 2010-TŐL

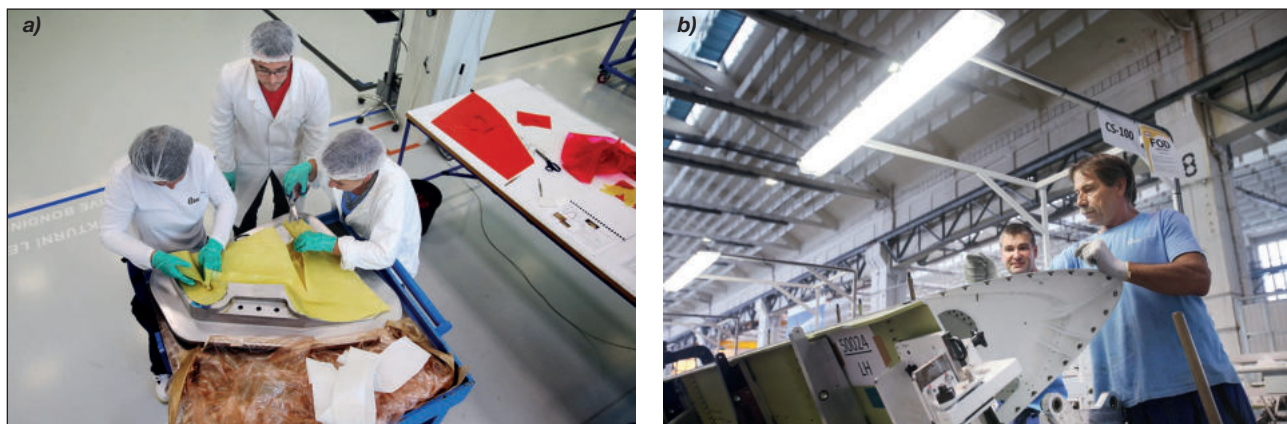
A magas árfekvésű L-159 ALCA exportképtelensége miatt az Aero 2010-es évek elején egy olcsóbb megoldású, az L-39 eredeti terveinek felhasználásán alapuló, sőt a repülőgép átépítésével is létrehozható új kiképző repülőgép változat mellett döntött. Ez a repülőgép az L-39NG (Next Generation – Következő generáció) típusjelzést kapta. A projektet hivatalosan a 2014-ben a Farnborough Nemzetközi Repülési Kiállításon mutatták be. Ezzel egyidőben bejelentették, hogy a Draken International és a michigani székhelyű Williams International közreműködésével elindítják az L-39NG fejlesztési programot.

A repülőgép típuscsalád új tagjába a texasi székhelyű Genesys Aerosystems által készített avionikai csomagot, digitális műszerekkel felszerelt pilótafülkét, 2-2 függesztési csomóponttal készülő új, részint kompozit szárnyat, illetve az amerikai Williams International által gyártott gázturbinát építettek be.

A jelenlegi L-39 típust alkalmazók egyik lehetősége a modernizálásra az átépítés L-39NG konfigurációra. (Ez a megoldás elsősorban afrikai, vagy ázsiai üzemeltetők ese-

12. ábra. A Magyar Honvédség speciális díszfestésű L-39ZO típusú repülőgépe – ismert nevén: Zümi (Forrás: Kelecsényi István)





13. ábra. A cseh Aero a legújabb gyártástechnológiákat alkalmazza a saját tervezésű és más repülőgépgyártók számára fejlesztett repülőgép-részegységek gyártása során a) Szárnybelépőél szekció összeszerelése utasszállító repülőgépek számára b) (Forrás: Aero Vodochody)

tében feltételezhető, mert például a legnagyobb üzemeltető Oroszország, az USA részvétele miatt bizonyosan kimarad a fejlesztésből.) A korszerűsítés első szakaszában a hajtóművet cserélték a Williams FJ-44-4M típusú gázturbinára, valamint az „NG” modifikáció avionikáját építettek be. Az átépítés prototípusa az L-39CW – amely egyben az L-39NG technológiai demonstrátora is – 2015. november 14-én emelkedett először a levegőbe. A fejlesztések befejezését 2017. november 20-án jelentette be az Aero, és az új változat 2018. március 14-én kapta meg a típusbizonyítványt.

Ezzel egyidőben megkezdtek az új építésű L-39NG repülőgépek gyártását. Az újabb típusból először négy prototípus készült, amelyből az elsőt 2018. október 12-én mutatták be a médiának és az érdeklődőknek, majd 2018. december 22-én a 7001-es oldalszámú repülőgép először emelkedett a levegőbe.

Az L-39NG az L-159 ALCA-hoz képest jóval szerényebb kapacitású, elsősorban kiképző repülőgép. A maximális felszállótömege mindössze 5800 kg, a hasznos fegyverterhelés is csak 1200 kg, az ALCA 8000 kg maximális töme-

ge, és 2300 kg-os fegyverterhelésével szemben. A könnyebb repülőgép kisebb teljesítményű gázturbinával is rendelkezik, hiszen a Williams-turbina mindössze 16,87 kN tolóerőt szolgáltat, tehát az L-39C típusok hajtóművének tolóerejével megegyező a teljesítménye. A repülőgép legnagyobb sebessége 780 km/h, elméleti csúcsmagassága 11 500 méter. Hatósugara a takarékos fogyasztású hajtóműnek köszönhetően eléri a 2590 km-t, illetve 4 és fél órát képes a levegőben tartózkodni. [16]

A gép fegyverzetébe a felfüggesztési pontok csekély terhelhetősége miatt elsősorban nem irányított, vagy lézerirányítású levegő-föld rakétákat, Mk82, illetve GBU-12 szabadesésű, illetve lézerirányítású bombákat, hőkövető/képkalkotó (feltehetően AIM-9M, AIM-9X) légiharc-rakétákat és 7,62 vagy 12,7 mm-es repülőgép-fedélzeti géppuska-, nehézgéppuska-konténert integrálhatnak. A tervek szerint elektronikai ellentéveség-, illetve célmegjelölő konténert is beépítenek, és az orr-rész alá FLIR – Forward-looking infrared camera- (előre tekintő, infravörös tartományban működő kamera) torony is építhető. (2. táblázat)

2. táblázat. A lapunk posztermellékletén látható L-39NG típusú kiképző repülőgép főbb technikai adatainak összevetése az Aero korábbi repülőgéptípusainak adataival (a szerzők szerkesztése)

	L-39ZO	L-39NG	L-59	L-159 ALCA
Szerkezeti tömeg	3500 kg	3100 kg	4000 kg	4300 kg
Hasznos terhelhetőség	1200 kg	1600 kg	3000 kg	3700 kg
Maximális felszállótömeg	4700 kg	5800 kg	7000 kg	8000 kg
Tolóerő	17 kN	17 kN	22 kN	28 kN
Maximális sebesség	750 km/h	775 km/h	865 km/h	940 km/h
Hajózők száma	2 fő	2 fő	2 fő	1 fő
Függeszthető fegyverzet	1000 kg 4 pilon	1200 kg 5 pilon	1500 kg 4 pilon	2300 kg 7 pilon
Csőes fegyver	23 mm	12,7 mm	23 mm	2x20 mm
Irányított rakétafegyver	–	70 mm Hydra, AIM-9 Sidewinder	R550 Magic infravörös	AIM-9 Sidewinder, AIM-120 AMRAAM, AGM-65 Maverick
Lokátor	–	–	–	Grifo F/L
Védettség	–	–	–	kerámia kompozit



14. ábra. Az L-39NG második prototípusa gyári berepülés közben (Forrás: Aero Vodochody)

Az L-39NG-hez egy repülőgépvezető kiképzési rendszert is ajánl az Aero, amellyel a sugárhajtású hajózóképzésen túl, harckiképzés is folytatható.

Cseh források szerint az állami tulajdonú LOM Praha, amely a cseh repülőgép-vezetők kiképzését végzi, 4 db L-39NG beszerzését tervezi. A portugál SkyTech 10 példányt szerezne be, és jelenlegi 6 gépből álló flottáját is átépítené a CW modifikációra. Szenegál 2018. április 4-én jelentette be 4 új példány beszerzését. A sorozatgyártás kezdetétől a szállítást kb. 2 évet vesz igénybe. A repülőgépekhez az izraeli Elbit Systems Targo II. sisakkijelző rendszerét integrálják. A további érdeklődők között van Thaiföld is, amely egyrészt még üzemben tartja az L-59 Super Albatros gyakorló-repülőgépeket, másrészt, mint JAS-39 Gripen üzemeltető ország, érdekelt a pilótakiképzésben is. [16] A 2021 februári szerződés alapján Vietnámnak 12 db L-39NG-t szállítanak, valamint biztosítják a repülőtéri infrastruktúrát, a logisztikai rendszert és a pilóták műszaki oktatását is.

A prototípusok tovább épülnek, a 7002-es oldalszámú repülőgép elkészült, napjainkban már repül, a 7003-as anyagfáradásos tesztekhez készül, és a 7004-es is a közeljövőben csatlakozik a repülési programhoz.

AZ AERO VODOCHODY REPÜLŐIPARI FŐDARAB-BESZÁLLÍTÓ TEVÉKENYSÉGE AZ 1990-ES ÉVEKTŐL

A rendszerváltás után – a '90-es években – az Aero addigi piacainak nagy része megszűnt, hiszen a fő típust jelentő

15. ábra. A kecskeméti Puma század katonái is részt vettek a gyári tesztekben (Forrás: Aero Vodochody)



16. ábra. Az Aero 2021-ben az üzbég légierő 6 db L-39ZA (C) repülőgépének nagyjavítását is elvégezte (Forrás: Aero Vodochody)

L-39 Albatrost elsősorban a szovjet légierőnek, a Varsói Szerződés, illetve a harmadik világ országainak szállították. A nyugati országok saját gyakorló repülőgép típusaikat rendszeresítették. Az Aero viszonylag nagy gyártási kapacitásának töredékét használták csak ki, új repülőgépek gyártása helyett nagyjavítással találtak piacot.

1998-ban, az első privatizáció során a Boeing 35%-os tulajdonrészét vásárolta a nagy múltú cseh repülőgépgyártóból. Ekkortól az Aero a Boeing 757 és 767 közforgalmi, valamint az F/A-18 Hornet és Superhornet alkatrészeit gyártotta.

Új fejlesztés eredményeként 2000-ben repült először az Aero Ae 270 Ibis többcélú könnyű utasszállító repülőgép, amelynek fejlesztésébe a tajvani Aerospace Industrial Development Corporation is bekapcsolódott és – Ibis Aerospace néven – közös vállalatot alapítottak. A külsőleg a Pilatus PC-12 repülőgépre hasonlító, de annál jóval kedvezőbb áron kínált, egyhajtóműves típusból azonban csak öt példány készült el. [17]

A cseh kormány 2004-ben a veszteséges cégből kivásárolta a Boeing részesedését. Az Aero nemzeti vállalat minőségével megmentette a cseh repülőgépipar legjelentősebb szellemi és gyártókapacitását.

Két évvel később, 2006-ban a céget, az ahhoz tartozó repülőtérral együtt ismét magánosították. Az új tulajdonos a cseh és szlovák közös tulajdonú Penta Investment befektetőcsoport volt. Az új vállalati stratégia középpontjába – a repülőgépgyártás és -tervezés folytatása mellett –, a részegység- és alkatrészgyártás előtérbe helyezése került.

2006 és 2015 között az Aero első üzleti partnere az amerikai Sikorsky volt, így az S-76 helikopter sárkányszerkezetének részeit, illetve a Sikorsky S-70 Black Hawk típusú helikopter komplett pilótafülkéjét is gyártotta éveken át.

2007-től az Alenia (jelenleg Leonardo) számára a C-27J Spartan taktikai szállító repülőgép szárnyközép-részének (centroplán) gyártását is elnyerte a cseh vállalat.

2008 óta a brazil Embraer is stratégiai partnere, és az Aeronál készülnek az Embraer 170 és 190 közforgalmi repülőgépek ajtajai. [18]

A KC-390 típusú katonai szállító repülőgép rámpáját, farokrészét és szárny-mechanizációját, illetve az Airbus A321 típusú repülőgépekhez két komplett törzsblokkot állít elő az üzem.

A licencgyártáson túl, a cég az L-39, L-59 és L-159 üzemeltető repülőgépeinek nagyjavítását, üzemidő-hosszabbítását, modernizálását, valamint a pilótaképzést és az átképzést is végzi. A gyári repülőtér, illetve szolgáltatásai szintén bérelhetők.





17. ábra. Készül az L-39NG (Forrás: Aero Vodochody)

AZ AERO VODOCHODY L-39 TÍPUSHOZ KÖTŐDŐ KAPCSOLATA MAGYARORSZÁGGAL

Az L-39 ALKALMAZÁSA A MAGYAR LÉGIERŐBEN

Magyarország L-39-es Albatrosból közvetlenül nem rendelt a gyártótól. A Delfin hadrendből történt kivonása után Kassán (Košice) folyt a magyar repülőgép-vezető kiképzés. A rendszerváltás után, politikai indíttatásra a szuverenitás megteremtésére támadt az igény, hogy legyen újra hazai pilótaképzés. A kiképzés beindításához beszerzésre került 12 db, Romániában gyártott Jak-52 típusú légcsavaros, alapfokú kiképző repülőgép, és az egyesült Németország a régi keletnémet légierő állományából 24 db L-39ZO kétülé- ses gyakorló repülőgépet ajándékozott hazánknak. Ezekből 20 db-ot üzembe állítottak, 2 db alkatrészbázis lett, 1 db-ot a repülőműszaki képzés demonstrációs célra alkalmazott, 1 db pedig a Szolnoki Repülőmúzeumba került. A repülőgépeket 1993-ban a Dunai Repülőgépgyár Rt.-ben az Aero Vodochody technikusaival és mérnökeivel helyezték üzembe. A Magyar Honvédségnek átadott repülőgépek a „Szárnyas Csikó” századhoz, a kecskeméti repülőbázisra kerültek. 1998-tól kezdődően a Dunai Repülőgépgyár területén a szlovákiai Letecké opravovne Trenčín, a.s. (LOTN), valamint az Aero részvételével ipari szintű nagyjavítást hajtottak végre 12 db repülőgépen, valamint üzemidő-hosszabbításra is sor került. Az addig fegyvertelen gépeken helyreállították a fegyverzetfüggesztési csomópontok vezetékelését, és így szabadesésű bombákat és UB-16-57 konténerekből indítható, nem irányított Sz-5-ös rakétákat lehetett függeszteni a repülőgépekre. A keletnémet rejtőszíneket felváltotta a magyar terepmintás festés, és a szárnyvégekről is eltűnt a sárga szín, amely a fegyvertelen gyakorló repülőgépek jelzése volt. A pilótafülkébe NATO-szabványú, APX-100 típusú barát-ellenség felismerő (Identification Friend or Foe – IFF) berendezést és műholdas navigációs rendszert építettek be, az orr-részből azonban kisserelték az SzRD-5M Kvant rádió-távolságmérőt.

2001-es döntés alapján nyugati gyártmányú, többfeladatu harci repülőgépet rendelt meg Magyarország, amelyekhez a Kanadában működő NFTC – NATO Flying Training in Canada (a NATO repülőhajózó képzési programja) keretében zajlott a nagy sebességű repülőgépekre történő kiképzés. Kanadába azonban csak olyan hajózók indulhattak, akik megfelelő repült órával rendelkeztek gázturbinás típuson. Az L-39C típuson oktatásban részesülő 10 fő hajózó számára, a kassai Katonai Repülőtisztai Iskolától 600 repült óra időt vásárolt a Magyar Honvédség.

A Magyarországon rendszerben tartott L-39ZO-k száma 2004-ben 8 db-ra csökkent. 2005-ig a gépekkel repülőképzést és imitált fegyverhasználatot gyakoroltak, majd nem irányított rakétákkal lövészeteket is tartottak Hajmáskér térségében. 2005-ben – az Aero és az MH Légijármű Javítóüzem közreműködésével – a kecskeméti NATO-hangárban üzemidő-hosszabbítást hajtottak végre a 8 repülő-



18. ábra. Az L-39NG beépített tűzfegyverrel nem rendelkezik, de a repülőgéptörzs alatti pilonra HMP-400 típusú gépágyúkonténer függeszthető [23]

gépen. A 2009-re repülőképes állapotban maradt gépek üzemidő-hosszabbításával használatban lehetett volna tartani a típust, mert a maximálisan engedélyezett 30 év élettartamot még nem érték el, és a naptári üzemidejük tovább hosszabbítható lehetett volna. Az Aero ajánlata szerint a gyár a ZO-kat visszavásárolja és gépágyúval felszerelt L-39ZA változatokat ad helyette, NATO-szabványos navigációs és kommunikációs rendszerekkel felszerelve. Az ajánlattal azonban nem élt az akkori kormányzat, így sajtónyilvános eseményen utódtípus nélkül került sor a repülőgépek kivonására 2009-ben. [19] Az Aero ajánlatot tett az L-159A és L-159T1 típusú repülőgépek eladására, amelyről kormány szintű megbeszélések is folytak, de a vásárlás végül nem realizálódott.

Az L-159B ALCA BÉRLÉSE KIKÉPZÉSI CÉLLAL

A magyar légierő az L-39ZO-k kivonása előtt már a kétülé- ses L-159B ALCA 6073-as, valamint az együlé- ses 5832-es oldalszámú prototípusokat bérelte az Aero Vodochody-tól. A légi járművek Kecskemétre átrepülve, 2007–2010 között 750 repült óra keretében biztosították a Magyar Honvédség Gripen típusra kijelölt hajózó állományának a gyakorló- és kiképzőrepüléseket. A típusváltozatokon a kanadai kiképzésre kijelölt repülőgép-vezetők sugárhajtású repülőgép vezetési óraszámát növelték.

A 2008-as kecskeméti Nemzetközi Repülőnap és Hadi-technikai Bemutatóra a cseh gyártó az Aerotechnika M&T Zrt.-vel közös kiállítással készült. Két L-159 típusú repülőgép statikus kiállítása mellett dinamikus bemutatót is tartottak: egy ALCA repülőgéppel és egy régi magyar felségjelű L-29-essel repültek.

Az L-159B prototípuson továbbra is folytatódott a kiképzés, majd a bérleti időszak lejártával, 2010-ben a repülőgépet visszarepülték Csehországba. [20]

Az L-39NG REPÜLŐGÉPRE VONATKOZÓ ÖSSZE- GZÉS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Összeségében a repülőgép megfelel a korszerű gázturbinás kiképző repülőgépekkel szemben támasztott nemzetközi követelményeknek. Az L-39NG konstrukció korszerűségét a nyugati rendszerelemek (Martin Baker katapultülés, Genesys műszerezettség, Williams-gázturbinás hajtómű stb.) biztosítják. A „Next Generation” elnevezés azonban – szigorúan szakmai szempontok szerint – túlzásnak mondható, mert a harci repülőgépek világában ismert generációs szinteket (1–5) ez a repülőgép biztosan nem haladta meg a jelenlegi fejlesztéssel. Ugyanakkor a részben kor-

3. táblázat. Egyhajtóműves, felfegyverzett kiképző repülőgépek gyakorlófegyverzettel (a szerzők szerkesztése)

Típus	Maximális felszállótömeg	Függeszthető fegyverzet tömege	Maximális sebesség	Tolóerő
FMA IA-63 Pampa	5000 kg	1300 kg	820 km/h	16 kN
SIAI-Marchetti S.211	3200 kg	660 kg	700 km/h	11 kN
L-39NG	5800 kg	1200 kg	775 km/h	17 kN

szerűsítésnek, részben fejlesztésnek nevezhető konstrukciós folyamat eredményeként egy olyan repülőeszköz jött létre, amelynél:

- a gázturbinás sugárhajtóművet lecserélték egy megbízható üzemű, modern amerikai típusra;
- fejlesztéssel a sárkányszerkezet korlátozott számú elemét (belépőél, csűrőkormány stb.) kompozit anyagú elemekre cserélték.

A konstrukció egészét tekintve, az L-39NG a gázturbinás kiképző repülőgép kategóriában kiegyensúlyozottnak nevezhető. (3. táblázat) A hangsebesség feletti és az alap kiképző repülőgépek között stabil átmenetet képez, a műrepülés és a légi harc alapelemeinek oktatására, gyakorlására megfelelő. A könnyű támogató változat jelenleg – az ALCA változatnál jelentősen kisebb tolóerő, kisebb méret és tömeg ellenére – korlátozottan alkalmas fegyverzet hordozására és ezzel „könnyű támogató tevékenység” megvalósítására. A könnyű támogatási képességek azt jelentik, hogy a repülőgép rendelkezik a földi egységek támogatására olyan fegyverekkel, amelyek korlátozások mellett bevetethetők, információt szolgáltatnak, vagy adat alapon más katonai erővel közös rendszerbe köthetők. Ilyen kis intenzitású katonai feladatok lehetnek a konvojok kísérése és biztosítása, a határellenőrzés, a kivívott légifölény melletti légtérellenőrzés, az állandó légi jelenlét biztosítása, alacsony intenzitású fegyveres konfliktusokba történő beavatkozás, nem fegyveres földi célok támadása stb. A repülőgép rendelkezik korlátozott tömegű és pusztító képességű fegyverzetrel, amely alkalmassá teszi korlátozott célú csapásmérésre is. Ez a csapásmérő képesség az utóbbi évtizedben a haditechnika fejlődése következtében növekedett, hiszen pl. a 70 mm-es Hydra rakétáknál megjelent a félaktív önirányítás lehetősége és a kumulatív harci fegyver, amely összességében alkalmassá teszi az ezzel felszerelt L-39NG-t könnyen és közepesen páncélozott célok megsemmisítésére is. Egy bizonyos – nagyon korlátozott – könnyű támogató képességgel a repülőgép rendelkezik, és ezt a képességet megfelelő körülmények között (járműszlopok, raktárak, irreguláris erők stb.) ellen fel is lehet használni aktív harctevékenység során. A vietnámi háborútól napjainkig számos program indult e kategória fejlesztésére és rendszerbe állítására. (LCBAA, SABA, ARES, LAAR, DRAGON2 programok). [22] A korábbi L-159 ALCA típusvariáns az L-39NG-nél nagyobb méretű és tömegű sárkányszerkezetű, és jóval erősebb hajtóművel rendelkezik, mintegy 200 km/h-val gyorsabb is. A kiképzés mellett könnyű támogató feladatkör megvalósítására tervezték, részleges kerámiakompozit páncélvédelemmel, aktív eltevékenység-rendszerrel és lokátorral. Egy- és kétüléses változatban is gyártják, és 2,3 t függeszthető fegyverzetet hordozhat.

Az L-39NG repülőgép fejlesztését helyesen pozicionálták a kiképzőrepülőgépek picán, azzal az elgondolással, hogy a jelenleg még L-39ZO, ZA változatokat üzemeltető légierők, légbemutató-csoportok és kontraktorok használt repülőgépeiket is átépíthetik az új változatra. A program

az 50 éves L-39-es újraélesztését célozza, konstrukciós hibáinak javításával, modernebb nyugati berendezések beépítésével, és így a kiképzésre és a könnyű támogatási feladatokra ajánlják ki. Az L-39NG, ha elődeihez képest nem is jelent generációs ugrást, a modern fődarabok és fedélzeti rendszerek (hajtómű, katapult, avionika stb.) alkalmazása miatt korszerű konstrukciónak tekinthető.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [13] „L-159 Alca” AERO Vodochody AEROSPACE a.s. <http://www.aero.cz/en/aircraft/programs/l-159-alca> (Letöltve: 2021.4.14.);
- [14] „Aero L-159 ALCA (Advanced Light Combat Aircraft)” Milavia Aircraft <https://www.milavia.net/aircraft/l-159/l-159.htm> (Letöltve: 2021.4.14.);
- [15] „Plamen – Aircraft Gun Pod PL-20” ZVI, <http://www.zvi.cz/download/PLAMEN.pdf> (Letöltve: 2021.4.14.);
- [16] „L-39NG” AERO Vodochody AEROSPACE a.s. <http://www.aero.cz/en/aircraft/programs/l-39ng> (Letöltve: 2021.4.14.);
- [17] „Aero Ae-270 Ibis – Here, There and Nowhere”, Pickled Wings, 2013. 6. 9. <https://pickledwings.wordpress.com/aero-ae-270-ibis-here-there-and-nowhere> (Letöltve: 2021.4.14.);
- [18] „Výroční zpráva 2009” AERO Vodochody AEROSPACE a.s. <http://www.aero.cz/underwood/download/files/vz2009.pdf> (Letöltve: 2021.4.14.);
- [19] Kele István, „Az L-39 története a Magyar Légierőben 1994 - 2009 ???” https://military-technology.blog.hu/2020/11/18/az_l-39zo_tortenete_a_magyar_legieroben (Letöltve: 2021.4.14.);
- [20] „L-159 - a harci(as) Albatros-utód” JETfly, 2008.10.2. <https://www.jetfly.hu/katonai-tipusok/4983-l-159---a-harcias-albatros-utod> (Letöltve: 2021.4.14.);
- [21] Rohács József, „A repülőgépek fejlesztésének történetét meghatározó törvényszerűségek” *Repüléstudományi Közlemények* 25, különszám (2003) http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2003_cikkek/rohacs_jozsef.pdf (Letöltve: 2021.4.14.);
- [22] Hannel Sándor, Állami és polgári felhasználású többfeladatú könnyű repülőgép koncepciója, Doktori (PhD) értekezés. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2018.;
- [23] Forrás: https://en.wikipedia.org/wiki/Aero_L-39NG#/media/File:HMP_400_pod_L-39NG.jpg (Letöltve: 2021.7.15.).

JEGYZETEK

2 <https://www.farnboroughairshow.com/>

3 Air Force OA-X Light Attack Aircraft Program (<https://fas.org/sgp/crs/weapons/IF10954.pdf>).

Dr. Óvári Gyula* – Fehér Krisztina**

Repülőgépek elektromos meghajtása – szükségszerűség kompromisszumokkal

VI. rész

A tanulmány sorozat szerzői bemutatták és elemezték a hagyományos meghajtású repülő eszközök alternatív energiahordozókkal történő lecserélésének okait és 21. századi lehetőségeit. Az olvasók megismerhették az elektromos és hibrid meghajtás technológiáit, valamint a pilóta nélküli repülőeszközök (UAV – Unmanned Aerial Vehicle) polgári és katonai célokra történő felhasználásának széleskörű példatárát. A sorozat záró része a magyar szerepvállalásra és a hazai ipari részvételre koncentrált. Kiemelt figyelem irányul a nemzetközi cégekkel kooperáló, hazánkban működő, legkorszerűbb technológiákat alkalmazó vállalatokra és gyáregységekre.



54. ábra. Alaka'i Technologies Inc. eVTOL SKAI [25]

MAGYAR SZEREPVÁLLALÁS A REPÜLÉSBEN ALKALMAZHATÓ ALTERNATÍV ENERGIÁK HASZNÁLATÁRA

FELSŐOKTATÁSI KATONAI KUTATÁSOK

A megújuló energiák hasznosítása hazánkban is központi kérdés. Ennek egy fontos eleme a Nemzeti Közszerződési Egyetem katonai repülő tanszékeinek négyéves, GINOP-2.3.2-15-2016-00007 azonosító számú „A légiközlekedésbiztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszerződési Egyetemen (VOLARE)” című projekt részeként, az AVIATION FUEL kiemelt kutatási terület. Ebben a programban az egyetem oktatói, doktoranduszai, hallgatói együttműködnek más felsőoktatási intézmények, kutatóhelyek szakembereivel és az iparban tevékenykedő kutatókkal, fejlesztőkkel.

HAZAI IPARI RÉSZVÉTEL

GENEVATION

Az alternatív energiák repülésben történő hasznosításával is foglalkozó Alaka'i Technologies Inc. (Hopkinton, Massachusetts, USA) európai fejlesztési partnerének a – megalakulása óta a repülésben következetes, progresszív, innovatív szerepet vállaló és érdemi gyakorlati eredményeket is felmutató, Jakabszálláson települő, kitűnő adottságú – magyar Genevation Aircraft Kft.-t választotta, amely cég e területen felkészült munkaerővel, repülőtéren épített modern, jól felszerelt gyáregységgel rendelkezik, és a legkorszerűbb kompozittechnológiát alkalmazza. (Pl. már jelenleg is olyan 2000 MPa feletti szakítószilárdságú, katonai követelményeket is kielégítő kompozit anyagot gyárt prepreg¹⁰

technológiával, amelyet az Airbus is alkalmaz a légi járműveiben).

A két cég lehetőség szerint közösen kívánja fejleszteni, illetve gyártani a SKAI elnevezésű, hidrogén üzemanyagcellás eVTOL hexakoptert. A légi jármű formatervezését a BMW Csoport Designworks tervezési és innovációs stúdiója végezte, amelynek full scale modellje a Genevation Aircraft Kft. telephelyén megtekinthető. (54. ábra)

A repülőképes prototípus tesztelése az USA-ban zajlik, a Szövetségi Repülési Hivatal (Federal Aviation Administration – FAA) bevonásával. A Genevation is részt vesz a fejlesztésben.

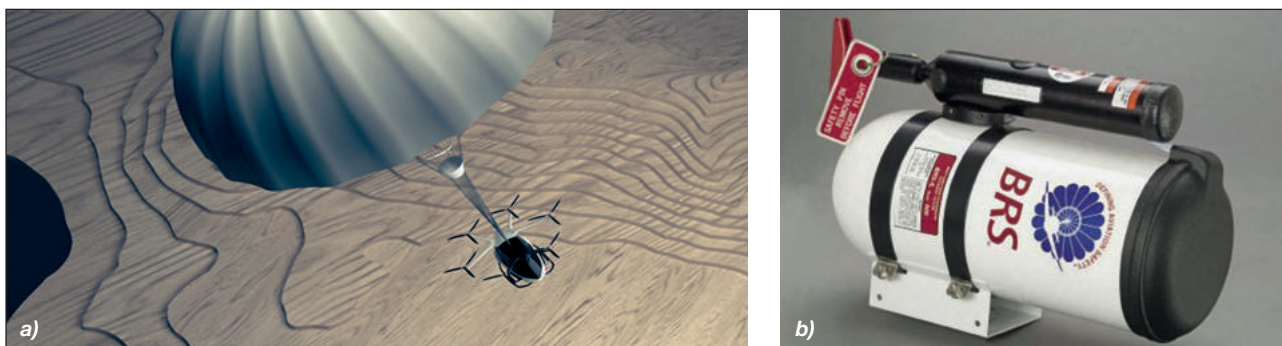
Amennyiben a magyar állam elsőként vállalja e légi járművek üzembe állítását, úgy reális az esély arra, hogy hazánkba kerüljön a további fejlesztés egy része, döntően a kompozit elemek gyártásának technológizálása, ezen belül a sárkány szerkezeti tömegének csökkentése és a sorozatgyártás feltételeinek kimunkálása, valamint az európai regionális gyártás is.

A hidrogén üzemanyagcellával működő Alaka'i Technologies Inc. SKAI modellje mentes a hibrid meghajtás, illetve az akkumulátoros energiatárolás előzőekben felsorolt hiányosságaitól. 6 db, forgószárnyait működtető villanymotorja tartósan, összesen 360 kW (495 LE) teljesítmény leadásra képes, forgatónyomatékuk 250 Nm, maximális fordulatszámuk 4500 ford/min. Elektromos táplálásukat a repülőeszköz padlójában elhelyezett 3 db HPEM (hidrogén proton áteresztő membrános) üzemanyagcellás rendszer biztosítja. Tömegük – a szivattyúkkal és egyéb kiegészítő elemekkel együtt – egyenként 125 kg, és külön-külön 120 kW (165 LE) az elektromos teljesítményük.

A SKAI hexakopteren alkalmazni tervezett kanadai gyártású PEM-cellák élettartama 20 000 h, maximális üzemi hőmérsékletük 90 °C. A működéshez szükséges oxigént a törzs két oldalán található torlólevegő-gyűjtőn beáramló környezeti levegőből nyerik. A folyamat során létrejövő csekély járulékos hő a törzs hátsó részén kialakított kis

* Egyetemi tanár, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék. ORCID: 0000-0002-9876-6760

** Tanársegéd, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék. ORCID: 0000-0002-5057-733X



55. ábra. A SKAI repülőgép mentőernyője működés közben a), és tárolási helyzetben b) ([26] alapján a szerzők szerkesztése)

méretű szellőzőrácson keresztül távozhat a szabadba. A tüzelőanyag-cellák 99%-ban újrahasznosíthatók. A gyártó szerint a cellákhoz nem szükségesek a lítium-ion akkumulátorokban található ritkaföldfémek, és több évtizednyi az élettartamuk, működtetésükhöz a hidrogén előállítása megújuló energiaforrásokkal (pl. szél-, nap- vagy vízenergia) biztosítható. A feltöltés időtartama is rövidebb, mint az akkumulátoroké, a művelet 10 percen belül elvégezhető.

A SKAI rendelkezik még beépített – a teljes repülőgépet menteni képes, közel teljes túlélési biztonságot nyújtó – fedélzeti repülőgép-mentőernyő rendszerrel (BRS – Ballistic Recovery System), (55 a) ábra) amelyet a törzsben, konté-

nerben helyeznek el. A szerkezetet rugós mechanizmus veti ki (55 b) ábra). A repülőgépet elhagyó rakéta pirotöltete működésbe lép, és egy kötel segítségével kihúzza a konténerből az ernyőt, amely az áramlásban fokozatosan kinyílik, előbb a függőleges haladási sebességet szünteti meg, majd 8–9 m/s-os függőleges süllyedést biztosít. Az ernyő hirtelen nyitását – ezáltal a lökészerű terhelés törzsre történő átadását –, a kötéletén lassan lecsúszó vászongyűrű akadályozza meg.

A gyártó a légi jármű pilóta által vezetett és UAV változatát is tervezi. A hatforgószárnyas (hexakopter) kialakításnak repülésbiztonsági szempontból kedvező sajátossága,

4. táblázat. A fejlesztés alatt álló SKAI helikopter fontosabb repüléstechnikai adatai (a szerzők szerkesztése)

Vízszintes repülési sebességek [km/h]	maximális	188
	utazó	175
	oldalirányú	48
	hátramenetben	48
Repülési teljesítményadatok	max. repülési magasság [km]	1,5
	max. repülési távolság [km]	640
	repülési idő [h]	2–4
Tömegadatok	üres tömeg [kg]	1400
	hasznos terhelhetőség [kg]	500, vagy 5 fő
Maximális hatósugara távirányítással		földön 80 km-ig, víz felett 160 km-ig
MEGHAJTÁS		
LH hidrogéntartály	térfogat [l]	400 (2×200)
	nyomás [bar]	7–9,5
	400 l LH tömege [kg]	29
Elektromotorok teljesítménye		230 kW, 4500 ford/min, 250 Nm, 98%-os hatékonyság
Az üzemanyagcella adatai	üzemi hőmérséklet	max. 90 °C
	teljesítmény	3×120 kW
	tömeg	cellánként 125 kg (szivattyúkkal együtt)
	várható élettartam [rep. óra]	20 000
Zajkibocsátás		<80 dB
ÜZEMELTETÉSI KÖLTSÉG		
Egy repült óra becsült költsége¹¹		30–50 USD/repült óra, 8700–14 500 Ft/repült óra



hogy egy adott konfigurációban akár két hajtómű leállása esetén is lehetővé teszi a stabilitás megőrzését, és a biztonságos kényszerleszállást.

A SKAI KATONAI ALKALMAZHATÓSÁGA

A katonai erők – különösen a szállítási terület – egyre kevésbé mentesülhetnek az alternatív energiák alkalmazása, valamint az egyre szigorodó környezetvédelmi követelmények teljesítése alól. Kiváló megoldást kínál erre a magyar részvétellel fejleszhető és gyártható SKAI hidrogén üzemanyagcellával működő eVTOL hexakopter. A hatékony katonai alkalmazás, megfelelő mobilitás és egyszerű(bb) műszaki kiszolgálhatóság szükségessé teszi a modell sürített (700 bar nyomású), gáz-halmazállapotú hidrogénnel történő működtetési lehetőségének átfogó vizsgálatát.

Az előzőekben bemutatott valamennyi feladatkör a honvédségnél is megjelenik, de ezeken túl egyéb – többek között határőrizeti, katasztrófavédelmi (ezen belül a vegyi- és sugárfelderítési), terrorselhárítási – funkciók ellátására is alkalmassá tehető.

Természetesen ez utóbbiak szükségessé teszik a prototípus némi szerkezeti módosítását, kisebb átalakítását is. Ilyenek lehetnek:

- külső függesztmény(ek)ként géppuskakonténer, FLIR-hőkamera, sugárást észlelő detektor, külső személyi csörlő stb. elhelyezhetőségének kialakítása;
- az időlegesen felszerelhető kevlár páncélzat rögzíthetőségének biztosítása a sárkány (ülések, hidrogéncellák és -tartályok), illetve a motorok sérülés szempontjából exponált helyein, elérve a STANAG Level 4 szintű védettséget;
- a fülke túlnyomásossá alakítása vegyi és sugárfelderítéshez, valamint a műszerfal világításának módosítása éjjellátó berendezés (NVG – Night Vision Goggles) alkalmazásához;
- elektronikai, illetve hibrid hadviselés elemeként a kritikus infrastruktúra-védelem, illetve -támadás (megfigyelés, bemérés, zavarás, rádiórelé-állomás stb.) eszközeinek elhelyezése.

A felsorolt módosítások, pótlólagos beépítések némileg csökkenthetik a repülőeszköz hasznos terhelhetőségét.

Kifejezetten kedvező a vizsgált konstrukció katonai alkalmazhatósága szempontjából, hogy szinte valamennyi, felderítésre, automata fegyverek irányzására, vezérlésére rendszeresített katonai eszköz detektálási tartományban (infra- és lokátor-sugárási) alacsony az észlelhetősége. A vizuális érzékelhetőség is csökkenthető megfelelő álcázó festéssel, fényt nem visszaverő bevonatú fülkeüvegezéssel.

A SKAI modellnél felsorolt „lopakodóképesség” a korszerű katonai alkalmazású UAV-eszközök esetében mindinkább alapelvárásnak számít. Mindez a korszerű, hidrogénnel történő, zero károsanyag-kibocsátású hajtáslánccal kiegészülve, feltétlenül célszerűsíti – e konstrukció tapasztalatait felhasználva és adaptálva – a Magyar Honvédség a határvédelem, a terrorselhárítás és a katasztrófavédelem számára mind nagyobb számban szükségessé váló, 150 kg-nál kisebb felszálló tömeg alatti kategóriába tartozó UAV hazai létrehozásának és gyártásának érdemi megfontolását. Természetesen mindez a megfelelő tapasztalatokkal és referenciákkal rendelkező, a korszerű és kívánt minőségű gyártást biztosító Genevation Aircraft Kft. bevonását és közreműködését feltételezi. Külön hangsúlyt ad az utóbbi koncepció megfontolásnak, hogy a Zrínyi HHP-ban is kiemelt jelentőségű a hazai hadiipari fejlesztés és előállít-



56. ábra. A Magnus eFusion motortere (Forrás: Magnus Aircraft Zrt.)

tás prioritása, különösen akkor – ha, mint ebben az esetben is – világszínvonalú, potenciálisan exportképes termékekről van szó.

MAGNUS

Magyarországon a Pécs-Pogány repülőtérén települő Magnus Aircraft Zrt. előbb a Siemens-szel, majd a Rolls-Royce-szal kooperálva készítette el a benzinmotoros Fusion 212 modelljéből, az eFusion nevű kísérleti elektromos repülőgépet, amelynek motorját lítium-ion akkumulátorok működtetik (56. ábra). A gyártó meghatározása szerint a kétüléses repülőgépet nem városi légi közlekedésre szánják, hanem alapvetően oktatásra, vészhelyzeti képzésre, valamint az akkumulátor-rendszerek további optimalizálására. Terveik szerint exportálni is kívánják, amely további bővítéseket is szükségessé tesz.

A gyártó szerint kedvező, hogy a légi jármű rezonancia-szintje lényegesen alacsonyabb, mint a dugattyús motoros változaté, így ezzel az eszközzel komfortosabb a repülés. Kisebbszervizigénye, nincs szükség a motor előzetes melegítésére, indítás után azonnal üzemkész, a károsanyag-kibocsátása zero, a motorja negatív túlterhelés esetén is változatlan megbízhatósággal, időkorlát nélkül működik. Az akkumulátorok 5 perc alatt cserélhetők, a gép üzemben tartásának költsége a benzines változaténak mindössze egyötöd része. A repülőgép kormányozhatatlanná válása esetén – a beépített mentőernyő segítségével –, a benne ülőkkel együtt képes a biztonságos földet érésre.

AIRIAL ROBOTICS

A németországi Hamburgban települő, pilóta nélküli repülőeszközök és berendezések gyártásával foglalkozó Aerial Robotics vállalat Angliában egy kiképző, Magyarországon, Ballószögön pedig egy – számottevő repülőipari és innovációs hagyományokkal rendelkező – kutató-fejlesztő bázist működtet. Ez utóbbi folyamatosan közreműködik a korszerű Gyrotrak elnevezésű eVTOL modelljük fejlesztésében is, amely az általuk szabadalmaztatott működési megoldását tekintve a hagyományos helikopter és az autogiró sajátos szerkezeti kombinációjaként – döntően mindkét légijármű-kategória előnyös tulajdonságait egyesítve – széles körű polgári és katonai felhasználásra egyaránt alkalmas (57. ábra).

A Gyrotrak forgószárnyát 1 vagy 2 db, szárnyvégi vonó-légcsavarjait további 1–1, kefe nélküli villanymotor hajtja meg. Ezek, a mindenkori repülési üzemmódhoz optimalizált szinkronizációját – a kormányvezérlő és navigációs



57. ábra. A Gyrotrak GT20 modell [28]

rendszerekkel is integrált és együttműködni képes, a Spanyol Embention vállalat által gyártott – Veronte Autopilot elnevezésű automatikus vezérlőrendszer biztosítja¹². Segítségével a Gyrotrak mechanikusan meghajtott forgószárnyával képes helikopterként függőlegesen felemelkedni, leszállni és tetszőleges pont felett függőlegesen, illetve átérni vízszintes repülésre. A helikopter üzemmódban létrejövő reakciónyomatékokat a szárnyvégi légcsavarok differenciált vonóereje egyenlíti ki. A vízszintes haladási sebesség növekedésével a merev szárny egyenletes ütemben bekapcsolódik a felhajtóerő termelésébe, ezzel fokozatosan tehermentesítve a forgószárnyat. Emiatt ez utóbbi eszköz motorikus meghajtása ugyanebben az ütemben szükségelenné válik, és a megfelelő sebességet elérve, forgatása már csak a külső megfűvítés hatására, autorotációs üzemben folytatódik. Azaz a repülőeszköz autogiróként (girocopterként) halad. Automatikus vezérlőrendszere lehetővé teszi az előre programozott útvonalrepülést, illetve – szükség szerint – távirányítással beavatkozva, annak azonnali manuális megváltoztatását, pályakorrekciót, valamint a merev és a forgószárnyas üzemmód közötti váltást.

Mivel a merev szárny a meghajtott forgószárnyal lényegesen hatékonyabban, kisebb energiafelhasználással hozza létre a függőleges emelőerőt, a Gyrotrak kategóriájában kiemelkedő gazdaságossággal működtethető eszköz, repülés ideje a 2,5 h-t, hatótávolsága a 150 km-t is elérheti. Utazósebessége 90 km/h, a maximális sebessége 150 km/h. E szerkezeti kialakítás járulékos kedvező következménye, hogy akár valamennyi motorjának meghibásodása esetén is biztonságosan leszállhat autorotálva, illetve „merevszárnyán vitorlázórepülve”. Ilyenkor siklószáma az 1:13 értéket is elérheti.

A kompozit építésű, mindössze 7,5 kg üres tömegű légi jármű legnagyobb felszálló tömege 20 kg lehet. Ennek megfelelően, a maximálisan 12,5 kg-os hasznos terhelhetőség a szállítandó rakomány és az alkalmazott akkumulátor tömegének célszerű kombinációjával alakítható ki. A fedélzeten elhelyezhető eszköz(ök) általában nappali vagy infravörös kamerák, multispektrális érzékelők, lézerradar (LIDAR – Light Detection and Ranging), teherkonténer, permetező berendezés, és/vagy opcionálisan ütközésselkerülő rendszer, transzponder, látóhatáron túli, intelligens célkövető (BVLOS – Beyond Visual Line of Sight) eszközök valamelyike. A megvalósítandó feladat időtartamától, repülési távolságától, valamint az alkalmazott fedélzeti eszköz(ök) tömegétől és a motorok együttes energiaigé-



58. ábra. A Gyrotrak GT20-hoz rendszeresített, különböző teljesítményű és tömegű Gyropack akkumulátorok [28]



59. ábra. A Gyrotrak GT20 moduláris törzskialakítása [28]

nyétől függően, a három különböző szerkezeti tömegű és kimenő teljesítményű Gyropack akkumulátor valamelyike (S/12S9P, 6,2 kg; M/12S12P, 7,9 kg és L/12S15P, 9,5 kg) alkalmazható. (58. ábra) [28]. A szállítható hasznos terhek egyszerű elhelyezését, gyors beépítését és cseréjét a törzs moduláris kialakítása teszi lehetővé (59. ábra).

KÖVETKEZTETÉS

A globális keretek között is egymással szorosan összefüggő problémák (a népességrobbanás miatt folyamatosan növekvő energiaigény, a hagyományos energiahordozók okozta környezetszennyezés és az ezáltal (is) előidézett klímaváltozás, a tömeges urbanizáció, a fosszilis energiahordozók utánpótlásának néhány évtizeden belül bekövetkező drasztikus csökkenése) szükségessé teszi – a (légi) közlekedésben is – a környezetbarát, alternatív energiák széleskörű bevezetését. Ezen belül a repülésben jelenleg is egyik kiemelten fontos terület az elektromos meghajtás tömeges alkalmazása. Ez a típusú energia azonban a – különösen az energiatárolási, utántöltési nehézségei okán hosszú ideje létező – számos félmegoldás, kompromisszum belátható időn belül történő elhárítását, megnyugtató rendezését teszi szükségessé, lehetőség szerint alkotó hazai részvétellel.

A magyarországi kutatásokra és fejlesztésekre már napjainkban is több eredményes és biztató jövőt ígérő példát láthatunk. Kiemelkedő a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Karának (NKE HHK) repülőszakember-képzéssel foglalkozó tanszékei oktatói, hallgatói által folytatott többéves, átfogó kutató-fejlesztő munka. Ennek során az NKE több külső résztvevővel is együttműködik, így a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar (BME KJMK) Repüléstudományi és Hajózási Tanszékeivel, valamint a Honvédkórház kecskeméti Repülőorvosi-, Alkalmasságvizsgáló és Gyógyító Intézet – ezen belül a Szegedi Tudományegyetem ÁOK Repülő, és Űrorvosi Tanszék – munkatársaival, kutatóival. A résztvevők, munkájuk során átfogóan vizsgálják az alternatív, megújuló energiák repülésben, illetve annak földi kiszolgálásában történő gazdaságos és környezetkímélő hasznosítási lehetőségeit. Kiemelt figyelmet fordítanak a pilóta nélküli repülőeszközök



szerkezeti energetikai innovációjára, az egyre szélesebb körű alkalmazási módozatok feltárására, valamint az ilyen típusú eszközök repüléssirányítására, meteorológiai biztosítására és az operátorok egészségügyi, pszichológiai kiválasztásának, felkészítésének kérdéseire.

E területen, több más hazai résztvevő mellett eredményes kutatást folytat még az Óbudai Egyetem, valamint nemzetközileg elismert eredményekkel rendelkeznek a BHE – Bonn Hungary Electronics Ltd., pilóta nélküli repülő rendszerekkel (UAS – Unmanned Aircraft System) és űripari eszközökkel foglalkozó fejlesztései is.



A GINOP 2.3.2-15-2016-00007 „A légitársaságok biztonságához kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszoigálati Egyetemen – VOLARE” című projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A tanulmány a fenti projekt „AVIATION_FUEL” nevű kiemelt kutatási területéhez kapcsolódóan valósult meg.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [13] „The Economist. Hydrogen goop could be a more convenient fuel than hydrogen gas” The Economist 2021.2.27. <https://www.economist.com/science-and-technology/2021/02/25/hydrogen-goop-could-be-a-more-convenient-fuel-than-hydrogen-gas> (Letöltve: 2021.4.24.);
- [14] Brian Garrett-Glaser, „Marine Corps Partners with Air Force Agility Prime on eVTOL Aircraft for Logistics” Aviation Today, 2020.3.10 <https://www.aviationtoday.com/2020/03/10/marine-corps-partners-air-force-agility-prime-evtol-aircraft-logistics> (Letöltve: 2021.4.24.);
- [15] OPS, “Unmanned team of K-MAX® helicopter and Indago quadrotor demonstrate firefighting capability” 2014.11.19 <https://operationnels.com/2014/11/19/unmanned-team-of-k-max-helicopter-and-indago-quadrotor-demonstrate-firefighting-capability> (Letöltve: 2021.4.24.);
- [16] Forrás: <https://hu.pinterest.com/pin/794744665472830564> (Letöltve: 2021.4.24.);
- [17] Gyurkity Péter, „A NASA is hibrid repülőn dolgozik” SG.hu, 2016. 1. 13. <https://sg.hu/cikkek/tudomany/116822/a-nasa-is-hibrid-repulon-dolgozik> (Letöltve: 2021.4.24.);
- [18] Forrás: <https://imechewebresources.blob.core.windows.net/imeche-web-content/images/default-source/default-album/e-thrust-econcept-view-h1-20130607.jpg> (Letöltve: 2021.3.10.);
- [19] Bowler, Tim, „Why the age of electric flight is finally upon us” BBC News, 2019.7.3. <https://www.bbc.com/news/business-48630656> (Letöltve: 2021.4.24.);
- [20] „Új alumínium-levegő akkumulátort mutattak be” iPon. hu, 2014.06.11. <https://ipon.hu/magazin/cikk/uj-aluminiu-levego-akkumulatort-mutattak-be> (Letöltve: 2021.4.24.);
- [21] Szemerédy László, „Alumínium-levegő energiaforrás” Autotechnika 2014. <https://autotechnika.hu/cikkek/motor-eroatvitel/10805/aluminiu-levego-energiaforras> (Letöltve: 2021.4.24.);
- [25] Forrás: <http://evtol.news/aircraft/alakai-technologies-skai/> (Letöltve: 2021.3.10.);
- [26] „Skai - magyar-amerikai együttműködéssel készült a világ első hidrogénhajtású dróntaxija” Zöldhajtás.hu, <http://zoldhajtás.hu/fuelcell/skai-magyar-amerikai-egyuettmukoedessel-keszuilt-a-vilag-első-hidrogenhajtásu-drontaxija> (Letöltve: 2021.3.10.);
- [27] Gáti Balázs, Koncz Imre *Repülőgépek szerkezetan*, jegyzet, BME KK, 2010;
- [28] “Gyrotrak Technology” Aerial Robotics, 2020.6.15. <https://airialrobotics.com/gyrotrak-technology/> (Letöltve: 2021.3.10.).

JEGYZETEK

- 10 Előimpregnált erősítő anyagok használata (Prepreg Method): a modern repülőgépek csúcsmínőségű szerkezeti elemeinek gyártásához legelterjedtebben alkalmazott eljárás, amelyhez olyan előre impregnált erősítőszálakat, szöveteket (UD & fabric prepregs) alkalmaznak, amelyeket erre szakosodott üzemekben automata gépsorokon készítenek. A „gyárilag előimpregnált anyagokat mindkét oldalukon beborítják elválasztó fóliával, (esetenként viaszos papírral), ilyen formában tekercselik föl, és mínusz 18 °C alatti hőmérsékletre hűtik, megállítva, illetve rendkívül lelassítva a polimer mátrix térhálósodását. Az így elkészült alapanyagot fagypontra szállítják, a gyártó által előírt hőfokon (általában –12 °C és –20 °C közötti hőmérsékleten) kell tárolni (és lehetőség szerint szállítani is) a felhasználásig. A „prepregekhez” használatos mátrixanyagok igen hosszú felhasználhatósági idővel rendelkeznek (általában 1–5 hét), így igen nagyméretű munkadarabok is nagy biztonsággal és megbízható minőségben készíthetők ezzel a módszerrel. Az eljárás sokkal tisztább és megbízhatóbb, mint a nedves impregnálás, emellett jóval kisebb élőmunka ráfordítással jár, ami részben, vagy teljes egészében ellensúlyozza az alapanyag magasabb árát. A jelenleg alkalmazott „prepreg gyanták” környezeti hőmérsékleten nem térhálósíthatók, ezért minden esetben magasabb hőmérsékletet kell biztosítani a térhálósító kúra alatt. [27, 74–75. o.]
- 11 Az üzemeltetési költségek és a hidrogén árának függvényében, az amortizáció figyelembevétele nélkül.
- 12 A Veronte Autopilot automatikus vezérlőrendszer együttműködik a tehetetlenségi (inerciális) navigációs rendszerrel (INS – Inertial Navigation System), amely külső segítség nélkül képes hordozóeszköze helyzetének, haladási irányának és sebességének megállapítására. Együttműködik továbbá az ismert globális helymeghatározó rendszerekkel (GPS – Global Positioning System): az Amerikai Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma által katonai célokra kifejlesztett globális műholdas navigációs rendszerrel (GNSS), az orosz GLONASSZ rendszerrel és az Európai Unió által fejlesztett Galileo-val is. (A szerk.)

Dr. Kiss Álmos Péter* – Dr. Kiss Roland** – Vecsey Mariann***

Az Oroszországi Föderáció baltikumi A2/AD képességeinek és a NATO válaszlépéseinek elemzése

II. rész

A svéd Totalförsvarets Forskningsinstitut védelmi kutatóintézet 2019-ben és 2020-ban kiadott tanulmánykötetei (*Bursting the Bubble – Understanding the Full Spectrum of the Russian A2AD Threat and Identifying Strategies for Counteraction*, valamint a *Beyond Bursting the Bubble – Russian A2AD in the Baltic Sea Region: Capabilities, Countermeasures, and Implications*)¹ azt vizsgálta, hogy a kalinyingrádi orosz exklávába telepített A2/AD képességek hogyan hatnak a három balti NATO-tagállam védelmére, illetve a Balti-tenger szabad használatára. A magyar szerzők, alábbi írásukban bemutatják, elemzik és kiegészítik a tanulmánykötetek megállapításait. A cikk második része a lehetséges NATO ellenintézkedéseket tárgyalja az orosz A2/AD képességekkel szemben.

MŰVELETI DILEMMA

Bizonyítékok hiányában csupán feltételezhető, hogy Oroszország kifejezetten A2/AD – Anti-Access/Area Denial (hozzáférést gátló/területmegtagadó) képességeket épített ki a kalinyingrádi területen, hogy elzárja a balti államokat. Az ott található légvédelmi és felszín-felszín fegyverzet, továbbá a légi és haditengerészeti egységek azonban kétségtelenül alkalmasak lennének ilyen feladatok végrehajtására. [17; 14–15. o.] Ez a feltételezés – nagy valószínűséggel – az orosz stratégiai gondolkodás teljes félreértéséből fakad, ugyanis az orosz haderő nem rendelkezik A2/AD doktrínával. [17; 203. o.] A 2014-es krími válság óta a köztudatban gyökeret vert az a nézet, hogy Moszkva agresszív, expanziós háborút is indíthat, akár még NATO-tagállamok ellen is. Ennek a lehetőségnek a tényleges valószínűsége azonban elhanyagolható, illetve semmilyen relatív nyereséget nem jelentene Moszkva számára sem politikai, sem katonai, sem pedig gazdasági szempontból. Sőt, megnövelné egy világháború kirobbanásának kockázatát, amely nukleáris háborúvá is eszkalálódhatna. Kijelenthető, hogy lényegesen több indok szól az ilyen feltételezés ellen, mint mellette. Sokkal valószínűbb, hogy a megnövekedett orosz katonai aktivitás inkább egy elrettentő stratégia része a NATO keleti terjeszkedésével szemben. Ebből következően a meglévő A2/AD képességek feladata sem támadó műveletek fedezése vagy épp végrehajtása, sokkal inkább az ellenfelek elrettentése egy Oroszország elleni támadástól, jelentősen növelve a támadót érő várható vesztesége-

ket. A területen jelen lévő képességek egy kirobbanó konfliktus esetén a stratégiai területek védelmére, az ellenséges erők felőrlésére, valamint aktív védelem (csapásmérés az ellenség kulcsképeségei és erői ellen, akadályozva annak támadó műveleteit) megvalósítására alkalmazhatók, késleltetve és akadályozva a saját stratégiai fontosságú területek elleni támadásokat. [17; 14–17. o.]

Ennek ellenére a NATO nagyon is komolyan vette a potenciális fenyegetést, amely mögött agresszív törekvéseket vél felfedezni, ezért tanulmányozza az orosz A2/AD képességek hatáscsökkentési és kiiktatási lehetőségét. Emellett teret kapott az a koncepció is, hogy a Kalinyingrádban átlomázó erők nem csupán a légi és tengeri forgalmat akadályozhatják, de az ott települt szárazföldi erők (három dandár) a Suwalki-folyosó elleni támadással elvághatják a szárazföldi összeköttetést Lengyelország és Litvánia között. [17; 187–188. o.]

A NATO szerint háború esetén a balti térségben az orosz A2/AD rendszer késlelteti a megerősítő szövetséges erők érkezését, ezért a NATO-nak meg kell fontolnia, hogy csökkentse a gyors megerősítéstől való függést, áttérve egy sokkal robusztusabb, előretolt jelenlétre. Emellett az is világossá vált, hogy szükség van bizonyos ellenintézkedésekre az orosz képességek ellensúlyozása érdekében. [18; 60–62. o.]

NATO ELLENINTÉZKEDÉSEK AZ A2/AD RENDSZERREL SZEMBEN

Az A2/AD rendszer elleni leghatékonyabb védekezés annak elérése, hogy ne kerüljön sor a használatára. Ehhez a NATO is az elrettentést tartja a legalkalmasabb stratégiának, vagyis meggyőzni az ellenfelet arról, hogy az általa kifejlesztett képességek alkalmazása egyfelől nem elegendő a védelemre, és egy esetleges összecsapás esetén Oroszország rosszabb helyzetbe kerül. Az elrettentés üzenete az, hogy még az A2/AD rendszerrel szemben is lehetséges a katonai intervenció. [17; 104. o.]

A Krím annexiója után – a keleti szárnyon, a Balti-tengertől a Fekete-tengerig – a NATO áttért a biztosításról az elrettentés stratégiájára, amelynek a potenciális ellenfél agressziótól való visszariasztása mellett további céljai is vannak: befolyásolni a nyereség-/veszteségszámítást; demonstrálni a saját képességeket és az ellenállást, illetve a büntetés szándékát konfliktus esetére. Ennek fontos eleme

* Főtanácsos MH Transzformációs Parancsnokság Honvéd Tudományos Kutatóhely, kutató ORCID: 0000-0002-0662-5381

** Főhadnagy, MH Transzformációs Parancsnokság Honvéd Tudományos Kutatóhely, kutató ORCID: 0000-0002-5979-3098

*** Százados, NKE HHK Nemzetközi Biztonsági Tanulmányok Tanszék, oktató; NKE Hadtudományi Doktori Iskola, doktorandusz; Európai Közös Biztonság- és Védelempolitika Doktori Iskola, doktorandusz, ORCID: 0000-0001-7134-3666





9. ábra. Lengyel gépesített lövészek. A Krím annexiója óta folyamatos NATO-gyakorlatokkal igyekeznek demonstrálni a balti országok védelme iránti elkötelezettséget [19]

az Egyesült Államok haderejének (United States Army) aktív jelenléte és szerepvállalása Európában, különösen Lengyelországban és a Baltikumban. Jelenleg a földrajzilag kiemelt területek: a Balti-tenger régiója, Lengyelország és a Suwalki-folyosó, valamint a kiterjesztett Fekete-tengeri régió. [17; 187–188. o.] (9. ábra)

Az elretentés fontos állomása volt a megerősített ún. „Előretolt jelenlét” (enhanced Forward Presence – eFP) harccsoportok megalakítása a Baltikumban és Lengyelországban. Ezek olyan harccsoportok, amelyeket az Egyesült Államok, az Egyesült Királyság, Németország és Kanada vezet, feladatuk pedig a részt vevő többi nemzet katonáival Lengyelország és a három balti állam védelmének megerősítése. [20] A gyors reagálás, az erők összpontosítása, a csapatmozgás Európán keresztül, és az erősítés megérkezése, szintén az elretentés szerves része. Ugyanakkor jelenleg a csapatok és a felszerelés mozgását akadályozza az elégtelen szállítási infrastruktúra. [17; 189. o.]

Bár napjainkra a balti térség került a NATO fókuszába, a Fekete-tenger kétségtelenül nagyobb stratégiai jelentőséggel bír Oroszország számára, hiszen ezt a területet Moszkva ugródeszkanak használja a távolabbi (p. Szíria és Líbia elleni) műveletek végrehajtásához. [17; 190. o.] A fenyegettség érzésével azonban a NATO nincs egyedül, Svédország például a Gotland-szigetet félti, amelyre katonai erőket is telepített 2016-ban, a következő évben pedig a finn haderővel hajtottak végre a sziget védelmét célzó közös gyakorlatot. Stockholm álláspontja szerint Oroszország képes lenne egy A2/AD ernityöt vonni a sziget fölé, ott partra szállni és akár egy sikeres korlátozott háborút is megvívni. Svédország pedig úgy értékeli, hogy hadereje nem lenne képes egy elhúzódó háború megvívására. Az elemzés nyomán a védelmi stratégia felülvizsgálatára került sor. [18; 67–69. o.]

A balti államoknak számolniuk kell azzal, hogy konfliktus esetén, a szövetségeseiktől várható támogatás késni fog. Fel kell készülniük arra, hogy az ellenség A2/AD ernityője alatt – ideiglenesen – teljesen el lesznek szigetelve. Ezért fegyveres erőknek képesnek kell lenniük a harc önálló megvívására az ellenség légvédelmi „buborékja” alatt, valamint a szövetségeseikkel történő közös műveletek végrehajtására és a „buborék” felszámolására. A szövet-

ségnek pedig fel kell készülnie, hogy ilyen körülmények között is képes legyen biztosítani a védelmet a tagországok számára. Ehhez azonban meg kell tenni a szükséges ellenintézkedéseket, hogy a műveletek folyamatossága korlátozott környezetben is biztosítva legyen. [17; 116–120. o.]

A közvetett ellenintézkedések:

- a korai megerősítés és ellátás szükségességének csökkentése érdekében nagyobb erők és tartalékok állomásoztatása békeidőben, ami a NATO előretolt jelenlétének további megerősítését jelentené;
- a csapatok diszlokációjának megosztása, hogy megnehezítsék a felderítésüket és pusztításukat;
- kevésbé sebezhető útvonalak és közlekedési eszközök (pl. a radarok vagy rakéták hatótávolságán kívül eső útvonalak) választása;
- a logisztika kapacitásának és az ellátás hatékonyságának, gyorsaságának a növelése;
- ellenállóbb, a feladatközpontú vezetésen alapuló C4ISR² rendszer felállítására;
- a helyzetkép ismeretének fenntartása még korlátozott környezetben is;
- valamint az irreguláris, hagyományos vagy nukleáris büntetésre, mint elretentésre történő támaszkodás lehetőségének felvetése. [17; 60. o.] [2; 46. o.]

A közvetlen ellenintézkedéseken belül megkülönböztethetők passzív és aktív intézkedések.

A passzív ellenintézkedésekbe beleértendő a szárazföldi erők álcázása, vagy a légiereő és a haditengerészet lopakodó-technológiájú eszközeinek prioritizálása. Alkalmazhatók célmegjelölést nehezítő módszerek is, mint pl. az eszközök és a csapatok szétszóró elhelyezése vagy civil eszközök között történő elrejtése. További passzív intézkedés lehet a statikus létesítmények erődítése és elektromágneses kibocsátásának csökkentése is. [18; 47. o.]

Az erők diverzifikált területi megosztása (szétszórása) azonban jóval egyszerűbb és olcsóbb, mint a meglévő nagy bázisok erődítése és megerősítése további aktív védelmi eszközökkel. Ez az ellenség számára nemcsak az erők felderítését nehezíti meg, de a pusztításukat is. Az erők szétszórásának negatív hatása, hogy logisztikai támogatásuk is jóval nehezebb, mint a nagy bázisokra telepített

10. ábra. Az Egyesült Államok és a NATO-országok növelni akarják az elretentés mértékét a balti térségben. A képen egy B-52-es bombázó, valamint Eurofighter, F-16-os, és Gripen vadászok kötelékrepülése [21]



katonai erők esetében, az erők megóvása szempontjából azonban kétségtelenül kívánatos. Például a finn légierő az Arctic Challenge hadgyakorlat során az erők és a támogató rendszerek, valamint a logisztikai egységek szétszórásával, sikerrel vette fel a harcot korlátozott környezetben is, illetve az Amerikai Egyesült Államok Légierője (USAF – US Air Force) is kísérletezik hasonló megoldásokkal. Ehhez azonban jelentős szemléletváltásra van szükség, hiszen az elmúlt évtizedekben a nyugati haderők hozzászoktak ahhoz, hogy jó infrastruktúrával ellátott, kényelmes, nagy bázisokról folytathatták a műveleteiket. Jelen esetben azonban a művelet szempontjából csak minimális követelmények állhatnak rendelkezésre, amely kétséget kizáróan hatással lehet a végrehajtott állomány fizikai és lelkiállapotára is. [17; 61. o.]

A légibázisoknak képesnek kell lenniük vadászpilóták és C-130/C-17 kategóriájú szállítórepülőgépek kiszolgálására és üzemeltetésére, valamint elegendő hely szükséges a fegyverzet, karbantartó és üzemanyagok elhelyezésére, de követelmény a gyors kiüríthetőség is. Az USAF háromféle légibázissal számol [17; 60–65. o.]:

- a nagy bázis legalább egy harcászati repülőszázadot képes befogadni és kiszolgálni, legalább egy hónapig;
- ideiglenes bázis rövid idejű használatra;
- valamint felfegyverző és utántöltési pont, amelyet csak az üzemanyag-feltöltés és felfegyverzés idejére vesznek igénybe az eszközök, 90–120 perc időtartamban.

Utóbbi esetben a fegyverzet és az üzemanyag közvetlenül a szállítórepülőgépről kerül utántöltésre. Svédországban, a gyakorlatokon régóta autópálya- és közútszakaszokat használnak ideiglenes reptérként háborús helyzetet szimulálva, és a hidegháború alatt a NATO is rendszeresen gyakorolta az üzemeltetés ezen típusát. Annak ellenére, hogy az ilyen kisebb méretű és/vagy ideiglenes repülőterek kevésbé védettek fizikailag, a gyakorlatban nagyobb biztonságban lehetnek.

Az ellenfél várhatóan nemcsak a bázisokat támadja majd, hanem az oda befutó, kritikus anyagok célba juttatására szolgáló szállítási, utánpótlási vonalakat is, valamint a kommunikációs rendszereket. Ezért az előre telepített készleteknek, valamint az egyszerűbb és rugalmasabb vezetés-irányítási rendszernek is nagyobb szerep jut. [17; 60. o.]

Az aktív ellenintézkedések két csoportra oszthatók: a puha és kemény intézkedésekre, azonban alapvetően mindegyiknek azonos a célja: a pusztítási lánc egy elemének – lehetőleg a legsérülékenyebb vagy a legnehezebben

11. ábra. Svéd Gripen vadászgép száll fel egy lezárt közútszakaszból egy hadgyakorlaton [22]



12. ábra. Az A2/AD rendszerek elleni harcban nagyban támaszkodnak a multi-domain műveletekre. Például az Air-Sea Battle koncepcióban a tengeralattjáróról indítható robotrepülőgépek nagy szerepet szántak az ellenséges integrált légvédelem elleni harcban [23]

pótolható elemének – megtörése. A puha intézkedések az elektronikai és kiberhadviselést jelentik, céljuk a rakétaindítás akadályozása. A kemény intézkedések a tűzmegegyeztetést követően kerülnek előtérbe, céljuk az ellenség lövedékeinek a megsemmisítése, még mielőtt azok célba érnének. Egy sokkal általánosabb megközelítés a rakétaindító és -irányító egység támadása, vagyis kinetikus eszközökkel az indítás megakadályozása a hordozó-/indítóeszköz elpusztításával. [17; 97. o.]

A felsorolt lehetőségek megvalósítása érdekében ki kell használni a különböző rendszerek valós és vélt gyengeségeit, például elemezni a rakétarendszerek felderítő és tűzvezető képességeinek, a radarok és rakéták számának, valamint az újratöltés sebességének tényezőit, amelyek lehetőséget adnak arra, hogy e rendszereket kijátsszák és pusztítsák.

Például az Sz-400-as üteghez 1 db 92N6E (NATO-kód: Grave Stone) tűzvezető radar áll rendelkezésre. Az üteg 6 különböző célra képes egyszerre 12 db rakétát rávezetni. Általános orosz gyakorlat szerint kettő rakétával számolnak egy légi cél megsemmisítésekor, így a rendszer 6-nál több bejövő célt nem tud kezelni. Az Sz-400-as üteg egyszerre 16 nagy hatótávolságú, vagy 64 közepes hatótávolságú rakétát, vagy ezek kombinációját tudja tűzkészen tartani. A svéd tanulmány szerint az üteg tűzvezető radarjának elpusztítása önmagában is az üteg semlegesítéséhez vezetne, [18; 50–53. o.] de mint tanulmányunk első részében bemutattuk, ez nem feltétlenül így van, hiszen más egységek is segíthetik a tűzvezetést. Ezzel szemben a rendszer túlterhelése lehetséges.

Az új technológiák hadrendbe állása jelentősen csökkentheti az A2/AD-rendszerek hatékonyságát. A légvédelmi képességek kiiktatása például a rendszer összeomlását is eredményezhetné. Ennek kivédése érdekében a nyugati légierőkben újra előtérbe került a SEAD/DEAD³ képességek kialakítása, hogy relatíve észrevétlenül és nagy távolságból tudják felvenni a harcot az ellenséges légvédelemmel. A megvalósítás egyik legfontosabb lépése az F-35-ös többcélú harcászati repülőgép elterjedése a NATO-tagországok légierőjén belül, valamint a nagy hatótávolságú rádiólokátor elleni lövedékek (rakéták), robotrepülőgépek és siklóbombák hadrendbe állítása, illetve a hatékonyabb elektronikai hadviselési képességek alkalmazása. [18; 75. o.]

Meg kell jegyezni azonban, hogy a lopakodó-technológia sem jelent láthatatlanságot, csupán a felderítési távolság jelentős csökkenését. Másrésről az Oroszország éppen emiatt fejlesztett olyan radarokat, amelyek alkalmasak az





13. ábra. Amerikai F-35A alacsony észlelhetőségű vadászbombázó Észtországban. A legmodernebb eszközök térségbeli megjelenése üzenet Moszkvának [24]

alacsony észlelhetőségű gépek felderítésére, ilyen például a Nebo-M, de Oroszország állítása szerint az Sz-400 és a Szuhoj Szu-35 típusú vadászrepülőgépek lokátorai is hatékonyabban képesek a lopakodók felderítésére, mint a hagyományos eszközök. [17; 31. o.]

Az utóbbi időben komoly kritikák érték az Sz-300 és Pantsir-S1 rendszereket is. Szíriában nem tudták megakadályozni az izraeli légi csapásokat, nem érzékelték a bejövő rakétákat. A szír hadsereg véleménye szerint nem eléggé hatékonyak ezek a rendszerek, [25] holott rendelkeznek a korszerűbb Sz-300PMU-2 típusú légvédelmi rakétarendszerrel. Nem kizárt azonban, hogy – a térségben nem egyedülálló módon – a személyzet nem volt elég képzett, továbbá az izraeli légierő korábban kifejezetten gyakorolta és felkészült az Sz-300 elleni harcra. [26] Törökország pedig a 2020 tavaszi offenzívájában iktatta ki sikeresen a szír Pantsir-S1 és Buk rendszereket drónok, és elektronikai ellentevékenységgel sikeres kombinációjával. [27] A hegyi-karabahi konfliktusban pedig az azeriek a törökhöz hasonló módszerekkel, török és izraeli drónok segítségével sikeresen pusztítottak el nagyszámú örmény harcjárművet és 6 db Sz-300PS rendszert, illetve régebbi típusú légvédelmi eszközöket is. [28]

E tekintetben fontos annak megértése, hogy az ilyen A2/AD rendszerek feltörésében a támadónak is ki kell használnia a különböző műveleti terek adta lehetőséget, illetve képesnek kell lennie az egyik műveleti doménból a másikban hatást kifejtő műveletet végrehajtására. Emellett uralni kell az elektromágneses és kibernetet, illetve a világűr, mivel az itt elszenvedett vereség alapvetően kihat a többi műveleti domén lehetőségeire, akár vezetés-irányításról, helymeghatározásról, felderítésről vagy tűzvezetésről van szó. [17; 56–57. o.] Korábban, az eredetileg Kína A2/AD képességei ellen kidolgozott ún. Air-Sea Battle művelet lényege is az volt, hogy más műveleti terekből fejtenek ki hatást bizonyos doménekben levő kulcsképeségekre, hogy „ablakot nyissanak” más erőknek, amelyek kiiktathatnak fontos rendszereket. Ez az integrált harci doktrína a légierő és a haditengerészet koordinált bevetését irányozta elő egymásra épülő műveletekben. Emellett az amerikai hadsereg „multi-domain operations” koncepciójában is megtalálhatók hasonló műveletekre utaló elemek.

Ilyen körülmények között – legalábbis amíg az A2/AD zónát nem sikerül feltörni – egy háború esetén a balti államok védelme is nagyon nehéz lenne. Az erősítés tengeri, légi vagy szárazföldi eljuttatása, ha nem is lehetetlen, de bonyolult lenne és veszteségekkel járna. Hasonlóképp a balti államok saját területükön szövetséges légi támogatásra is csak korlátozottan számíthatnának. A földrajzi környezet és az erőkülönbség miatt a balti fegyveres erők önállóan nem tudnak döntő ütközeteket megvívni. A balti államok

helyes stratégiája egy orosz támadás esetén: nem a háború megnyerésére történő törekvés, hanem nem elveszíteni azt. [17; 116–117. o.]

A balti államok politikai vezetésének és fegyveres erőinek számítaniuk kell arra, hogy egy orosz támadás esetén a támadó el fogja érni közvetlen céljait valamennyi műveleti térben. Ezt tétlenül tűrni különösen nagy lélektani és erkölcsi kihívás lenne a vezető állomány számára, de azzal, hogy nem bocsátkoznak harcba az ellenség elvárásainak és feltételeinek megfelelően, erőik időt nyernek. A multidomén lehetőségek és a rendelkezésre álló erőforrások kihasználásával váratlan helyzetek elé tudják állítani a támadót. Harcászati szinten ez nem-lineáris, mélységében tagozott összhaderőnemi védelmi rendszert jelent, amelyet a csapatok agresszív támadó szelleme egészít ki. Így a rendelkezésre álló erők saját feltételeiknek megfelelően szállhatnak harcba. Kihhasználhatják a váratlanul adódó lehetőségeket, de nem vállalják a döntő ütközetet, hanem időben visszavonulnak, mielőtt a támadó lehengerlő erőt tud összpontosítani. Az erők mozgékonyasága, a gyors erőösszevonás és szétbontakozás érdekében a csapatoknak és az eszközöknek képeseknek kell lenniük a gyors mozgásra bármilyen terepen. [17; 117–118. o.]

Az ellenséges szenzorok és tüzerő semlegesítése érdekében létfontosságú az álcázás és a minimális elektronikus jelkibocsátás. [17; 195. o.] Meg kell találni a szűkös erőforrások optimális felhasználásának lehetőségeit. Amíg a balti erők hosszabb ideig képesek védekezni, mint amire a támadó számított, és az oroszoknak lényegesen több erőforrást kell felhasználniuk, mint tervezték, addig a védők nyeresben vannak, mert az időtényező a védelem oldalán áll. [17; 120. o.]

Az orosz tüzerő miatt ugyanakkor a területfoglalás különösen kockázatos lenne. Ha fontos terepszakaszok megtartása szükséges, azokat nagyon alaposan elő kellene készíteni, hogy a csapatok túléljék a tűzcsapásokat. A kinetikus műveleteket nem-kinetikus műveletekkel kell összehangolni. Egy orosz támadás során számítani kell a vezető- és irányítórendszerek zavarására, amely nemcsak az eszközöket érinti, hanem a döntéshozatalt is a fegyveres erők vezetési, és a kormányzat valamennyi szintjén. Az ezzel járó káosz elkerülhetetlen, de hatása csökkenthető feladatközpontú vezetéssel és készenléti tervekkel. [17; 119. o.]

ÖSSZEZÉS

A kalinyingrádi területre telepített orosz erők és fegyverrendszerek A2/AD feladatok végrehajtására való képessége felkeltette a NATO és a balti térségben az Oroszország közvetlen szomszédságban elhelyezkedő államok figyelmét. A kalinyingrádi területre telepített orosz erők és fegyverrendszerek alkalmasak lennének A2/AD feladatok végrehajtására, amely háborús helyzetben képes lenne jelentősen korlátozni a NATO-erők felvonulását és műveleteinek folytatását. Jóllehet Moszkva inkább az elrettentés stratégiáját alkalmazza az anyaország területétől távolabb eső kalinyingrádi régió védelme érdekében, az ott állomásoztatott légvédelmi erők a NATO, valamint keleti tagállamai körében aggodalmat keltenek. Oroszország ugyan nem rendelkezik bizonyíthatóan A2/AD stratégiával, de a szövetség tőszomszédságában felhalmozott légvédelmi és csapásmérő képességek cselekvésre sarkallták a NATO-t. A szövetség szerint a biztosítás stratégiájának ideje lejárt, ki kellett dolgozni az A2/AD rendszer elleni ellenintézkedéseket.



14. ábra. A NATO szerint javítani kell a szárazföldi szállítási képességeket, egyaránt növelve annak kapacitását és védettségét, hogy az északi szárny védelmét gyorsan megerősíthessék [29]

Ennek következménye volt a NATO előretolt jelenlétét biztosító erők telepítése a balti-államokba, amely szintén az elrettentést szolgálja. Az állomásoztatás alternatív módjai arra hivatottak, hogy egy orosz támadás esetén az ott tartózkodó erőknek növelje a túlélési esélyét. A NATO emellett kidolgozta azokat az eljárásokat, amelyek révén az orosz A2/AD képességek hatékonysága csökkenthető, illetve maga a rendszer felszámolható. Ehhez az eljárásrend változásán túl, technológiai fejlesztések is szükségesek. A NATO célja, hogy megőrizze az 5. cikkely hitelességét, illetve biztosítsa a balti államok védelmét. Ezért a potenciális A2/AD rendszerekkel szembeni tevékenységek kidolgozása segíti a túlélő-, reagáló- és erőkiteljesítő képesség megőrzését.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [17] Robert Dalsjö, Michael Jonsson (ed.), *Beyond Bursting the Bubble – Russian A2AD in the Baltic Sea Region: Capabilities, Countermeasures, and Implications*, Stockholm: FOI, 2020, <https://www.foi.se/rest-api/report/FOI-R--4991--SE> (Letöltve: 2021.4.20.);
- [18] Robert Dalsjö, Christofer Berglund, Michael Jonsson, *Bursting the Bubble – Understanding the Full Spectrum of the Russian A2AD Threat and Identifying Strategies for Counteraction*, Stockholm: FOI, 2019, <https://www.foi.se/rest-api/report/FOI-R--4651--SE> (Letöltve: 2021.4.20.);
- [19] Forrás: <https://i1.wp.com/militaryleak.com/wp-content/uploads/2020/01/nato-very-high-readiness-joint-task-force.jpg> (Letöltve: 2021.4.20.);
- [20] „NATO Forward Presence,” <https://shape.nato.int/operations/enhanced-forward-presence>; 2021. 03. 08.;
- [21] Forrás: <http://www.combataircraft.net/wp-content/uploads/sites/5/2016/06/1-1024x683.jpg> (Letöltve: 2021.4.20.);
- [22] Forrás: https://defence-blog.com/wp-content/uploads/2020/01/7687602_original.jpg (Letöltve: 2021.4.20.);
- [23] Forrás: https://www.seaforces.org/wpnsys/SUBMARINE/Mk-45-VLS_DAT/Mk-45-VLS-003.jpg (Letöltve: 2021.4.20.);
- [24] Forrás: <https://s3.amazonaws.com/the-drive-staging/message-editor%2F1493155158970-f-35-hill.jpg> (Letöltve: 2021.4.20.);
- [25] Middle East Monitor, „Syria says Russian missile defence system ‚ineffective’” 2020.5.1 <https://www.middleeastmonitor.com/20200501-syria-says-russian-missile-defence-system-ineffective/> (Letöltve: 2021.3.8.);
- [26] Seth J. Frantzman, „Why hasn’t Syria used the S-300?” Jerusalem Post 2019.1.21. <https://www.jpost.com/arab-israeli-conflict/why-hasnt-syria-used-the-s-300-578172> (Letöltve: 2021.3.8.);
- [27] John V. Parachini, Peter A. Wilson, „Drone-Era Warfare Shows the Operational Limits of Air Defense Systems” Rand.org, 2020.7.2. <https://www.rand.org/blog/2020/07/drone-era-warfare-shows-the-operational-limits-of-air.html> (Letöltve: 2021.3.8.);
- [28] Ragip Soylu, „Azerbaijan-Armenia conflict: How Baku destroyed Russian S-300s with Israeli suicide drones” Middle East Eye, 2021.3.3. <https://www.middleeasteye.net/news/azerbaijan-armenia-russia-israel-suicide-drones-destroy> (Letöltve: 2021.3.8.);
- [29] Forrás: https://d262ilb51hltx0.cloudfront.net/max/2000/1*r1EBz561ctOCUgKAAkBD1g.jpeg (Letöltve: 2021.4.20.).

JEGYZETEK

- 1 A buborék feltörése: Az orosz A2AD-fenyegetés teljes spektrumának megértése és az ellenintézkedési stratégiák azonosítása, valamint A buborék szétpattanásán túl: orosz A2AD a balti-tengeri régióban: Képességek, ellenintézkedések és következmények
- 2 Command, Control, Communication, Computers, Intelligence, Surveillance & Reconnaissance – vezetés-irányítás, számítástechnika, hírszerzés, megfigyelés és felderítés.
- 3 Suppression of Enemy Air Defence (elleneséges légvédelem lefogása) és Destruction of Enemy Air Defence (elleneséges légvédelem pusztítása).

Horváth Attila*

A magaslégköri repülő platformok és lehetséges alkalmazhatóságuk

A magaslégköri repülő platformokkal kapcsolatos tudományos gondolkodás már több évtizedes múltra tekint vissza. A gyakorlati megvalósításukhoz szükséges technológiák azonban csak az utóbbi időben váltak elérhetővé, így napjainkban egy fontos átmeneti időszakban dolgozunk: már léteznek példák a megvalósult repülőeszközökre, de még nincs kialakult üzemeltetési tapasztalatunk és megvalósult ökoszisztémánk.

A pszeudoműhold néven is ismert repülőeszközök nagyon jó lehetőségeket biztosítanak az űrrendszerek kiegészítésére vagy helyettesítésére, de a művelettervezőknek figyelembe kell venniük az eszközök korlátait, amelyek jelentősen eltérnek mind a légi-, mind az űrműveletek tervezése során megszokottól.

A tanulmány rövid áttekintést nyújt a magaslégköri repülő platformokról (HAPS – High-altitude platform systems) egy hipotetikus műveleti szcenárió alapján. A műveleti forgatókönyv szimulációja az AGI Systems Tool Kit szoftverrel készült [1].

A MŰVELETI SZCENÁRIÓ BEMUTATÁSA

2020 decemberének utolsó napjaiban a Magyar Honvédség magaslégköri repülőeszköze – az Agrárminisztérium tevékenységének támogatása érdekében – a Duna mentén hajtott végre távérzékelési feladatot multispektrális, nappali és éjszakai felvételek készítésére is alkalmas szenzorcsomagot szállítva. 2020. december 29-én egyezményes koordinált világidő¹ (UTC – Universal Time Coordinated) szerint 11:20-kor egy 6,2–6,4 magnitúdójú földrengés pattant ki a horvátországi Petrinya település térségében.

A természeti katasztrófa bekövetkeztét követően a kormányzati szereplők számára egyértelművé vált, hogy nyílt forrásokból szerzett adatok alapján – és azzal a proaktív feltételezéssel élve, hogy a földrengés okozta károk felmérésében szövetséges szomszédunk részére támogatást kell nyújtaniuk –, a repülőeszköz irányítója a vezetői feladatszabásnak megfelelően a folyamatban lévő feladatot

megszakította, és a legrövidebb úton a káresemény térségébe irányította azt. A magaslégköri repülő 11:28 időpontban az átrepülési irányra fordult, és sebességét 22 m/s-ra növelte.

Eközben a szükséges engedélyek megszerzése érdekében megkezdődött a szakmai és politikai egyeztetés, valamint egy telepíthető adatletöltő állomás előkészítése légi szállításra. A horvát kormány a felajánlást elfogadta, a berepülést engedélyezte, illetve engedélyezte az adatletöltő állomás telepítését a Franjo Tudman Nemzetközi Repülőtéren, ahová azt légi szállítással haladéktalanul útba is indították.

A magaslégköri repülőeszköz 14:41 UTC-kor érkezett meg a Sisak közelében kijelölt sebességszabályozási ponthoz, ahol sebességét a távérzékeléshez megfelelő és energiatakarékos értékre, 18 m/s-ra csökkentette. Az átrepülés ideje alatt megtörtént a letöltő állomás kirakodása és üzembe helyezése, valamint az űrjáratozási útvonal kidolgozása az előzetes kárjelentések és hírigények alapján. Kritikus jelentőséggel bírt az epicentrum környékének felmérése, a szlovéniai Krsko atomerőmű megfigyelése, illetve a távolabbi, kárt szenvedett települések feltérképezése. Mivel a földrengés szlovéniai és bosznia-hercegovinai területeken is kárt okozott, a magyar hatóságok ezektől az országoktól is beszerezték a repülőeszköz működtetéséhez szükséges engedélyeket. Az 1. ábrán a szlovén települések kék, a horvát települések piros, a bosznia-hercegovinai települések pedig sárga színnel szerepelnek².

A távérzékelő szenzor elméleti hatókörébe már 14:02 UTC-kor belépett Petrinya, 14:58 UTC-kor pedig már közel függőleges irányból is megkezdődhetett a felvételek készítése (2. ábra). Ekkor még a kamera nappali üzemmódban működött. 15:14 UTC-kor besötétedett, ezután az éjszakai kamera vette át a feladatot. Az irányítás továbbra is műholdas adatkapcsolaton keresztül történt, de a felvételek letöltése már a Zágráb közelében telepített állomáson, közvetlen rádiókapcsolattal valósult meg.

15:45 UTC-kor megkezdődött az atomerőmű légi felvételezése ferdén előre néző szenzorral, függőleges irányból

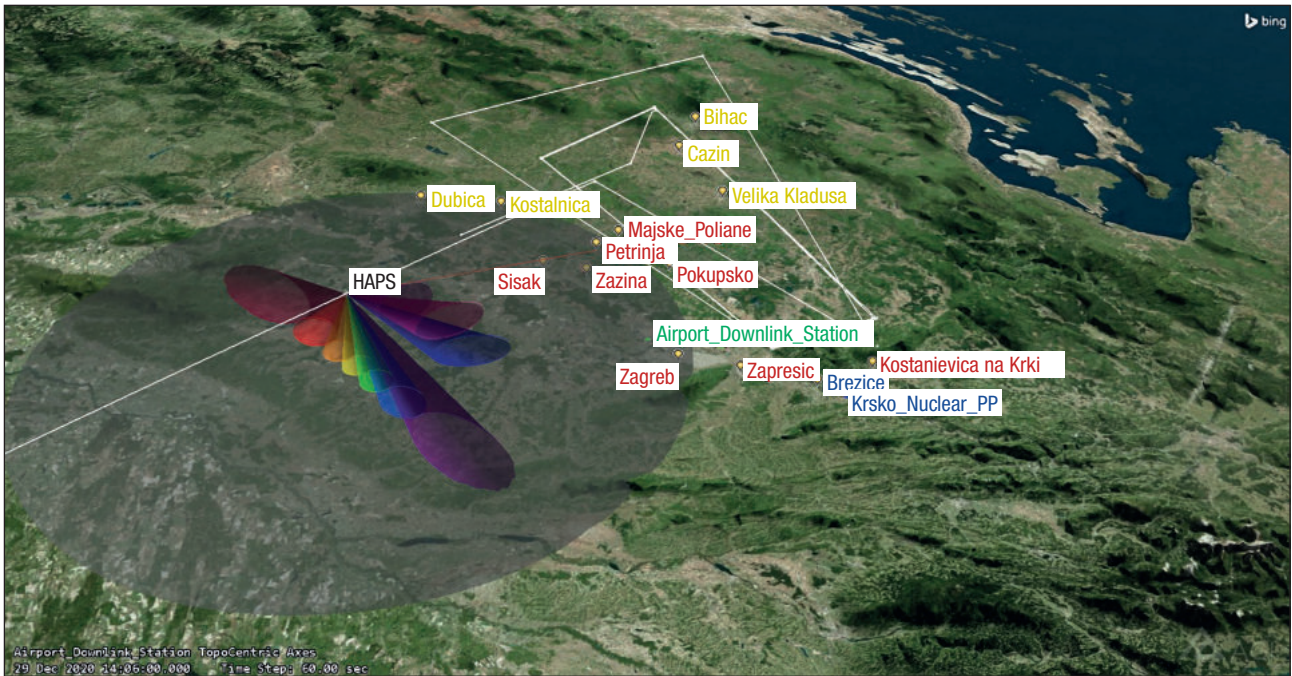
ÖSSZEFOGLALÁS: A technológia fejlődése mára lehetővé tette, hogy a légköri repülés határait új magasságokba emeljük. A sztratoszféra repülő, magaslégköri, személyzet nélküli repülőeszközök szolgáltatásai már-már műholdszerűek, ezért kapták egyik közkeletű nevüket is: pszeudoműholdak. Számos eltérést találunk azonban az űrrepülő műholdak és a magaslégköri repülő platformok, illetve a hosszú űrjáratozási idejű, de alacsonyabb repülési pályán működő, pilóta nélküli eszközök alkalmazhatósága és szolgáltatásai között. Ez a tanulmány egy valószínű műveleti szcenárió alapján bemutatja a sztratoszféra repülő pszeudoműholdakat és összehasonlítja azokat a megjelölt két másik elterjedt művelettámogató platformmal.

KULCSSZAVAK: magaslégköri repülő platformok, HAPS, AGI Systems Tool Kit szoftver, Petrinya földrengés, RPAS, pszeudoműhold

ABSTRACT: The advancement of technology enabled us to lift the boundaries of atmospheric flight again. Stratospheric remotely piloted aerial systems can provide services comparable to outer space satellites, that is why they are often called pseudosatellites. At the same time, we can find significant differences between the applications and services of space satellites, high-altitude platforms, and the long endurance, but lower altitude remotely piloted aircraft. This article introduces the stratospheric pseudosatellites and compares them to the other two aforementioned mission support platforms, via a realistic operational scenario.

KEY WORDS: High-altitude platform systems, HAPS, AGI Systems Tool Kit szoftver, Petrinya earthquake, RPAS, pseudosatellite

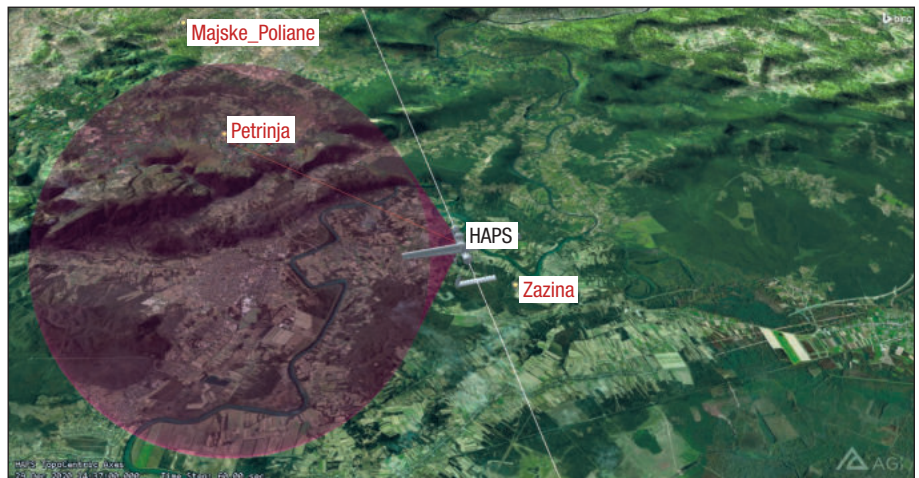
* Alezredes, MH Modernizációs Intézet, Kutatás-fejlesztési Igazgatóság Műhold Operációs Képességek Osztály osztályvezető. ORCID: 0000-0001-9768-5357.



1. ábra. A művelési terület áttekintése az űrjáratozás útvonalával, a földrengésben érintett településekkel és a HAPS elméleti belátott területén belül definiált (példaként szolgáló) szenzor kitekintési kúpokkal (A szerző szerkesztése)

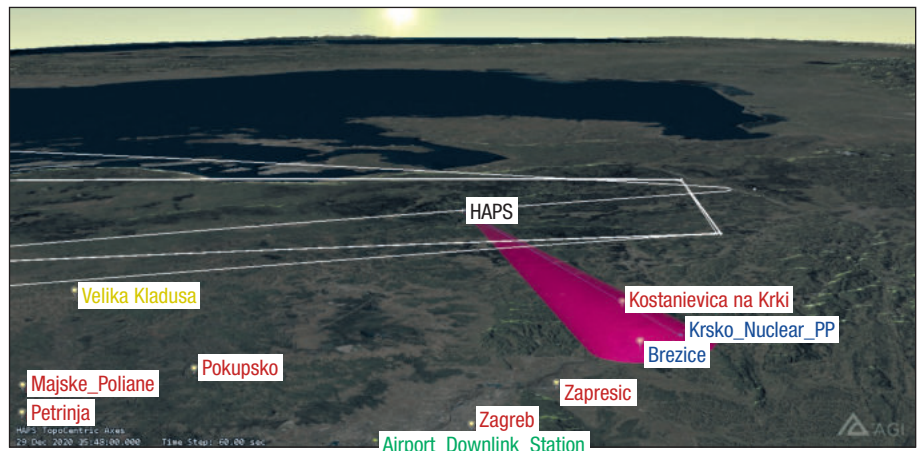
pedig 16:13 UTC-kor (4. ábra). Ezt követően a repülőeszköz bejárta a kárt szenvedett területeket az epicentrumtól délre, majd visszatért Petrinja fölé, és ezután az epicentrum környéke és az atomerőmű által meghatározott útvonalon repült az éjszaka során (3. ábra), figyelve az utó rengésekre utaló jeleket, illetve folyamatosan adatokat szolgáltatott a kárelhárításhoz.

Figyelemmel a rendszeresen jelentkező, önmagukban is jelentős energiájú, 3,3–4,9 magnitúdójú utó rengésekre, a magaslégköri repülőeszköz január 10-ig folytatta az űrjáratozást 20 km magasságban, majd visszarepült Magyarországra.



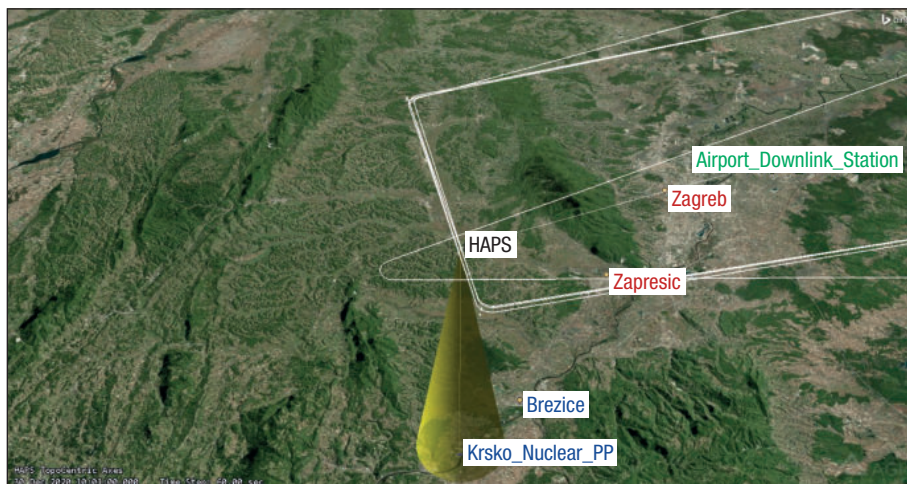
2. ábra. A HAPS szenzora Petrinja települést deríti fel (A szerző szerkesztése)

3. ábra. A HAPS szenzora az esti sűrűségben az atomerőművet vizsgálja (A szerző szerkesztése)



A SZCENÁRIÓ HÁTTERE, A MAGASLÉGKÖRI REPÜLŐESZKÖZÖK BEMUTATÁSA

A fenti történet jelentős részben a képzelet szüleménye, azonban fontos illusztráció ahhoz, hogy bevezesse a tanulmány témáját: a magaslégköri repülő platformokat. A horvátországi földrengés természetesen megtörtént, és 7 halálos áldozatot követelt. A szlovén atomerőművet vészjelzővel leállították, kárt nem szenvedett, mert földrengésállósága jelentősen magasabb szintű volt, mint a ténylegesen bekö-



4. ábra. A HAPS szenzora nappali fényben, közel függőlegesen kitekintve deríti fel az atomerőművet, az adatokat pedig a repülőtéren telepített letöltőállomásra továbbítja (A szerző szerkesztése)



5. ábra. A petrinjai földrengés pusztítása (Forrás: [2] AP)

vetkezett rengés. Magyarország az elsők között ajánlotta fel segítségét szomszédjának, egyrészt az azonnali kárenyhítésben (fektetési anyagok és élelmiszer), másrészt a hosszabb időtávú újjáépítésben. A kitalált történetben leírtakkal ellentétben, a Magyar Honvédség jelenleg még nem rendelkezik sztratoszférarepülő légi járművekkel.

A magaslégköri repülőeszközök (magaslégköri platformok, sztratoszférarepülő légijárművek, pszeudoműholdak) kutatása több évtizedes múltra tekint vissza, a gyakorlati megvalósításukat a technika fejlődése azonban csak napjainkban tette lehetővé.

A pszeudoműholdak légköri, aerodinamikus vagy aerostatikus repülőeszközök. Ebben a magasságban a légkör már igen ritka, de még lehetséges felhajtóerő termelése korszerű, erős és könnyű anyagokból épített járművekkel. A légkör napfényelnyelő hatása itt kisebb, így a napelemes energiatermelés (adott napelemfelületre vetítve) hatékonyabb, mint a földfelszínen, és ez az energia megfelelő akkumulátorokban tárolható az éjszakai repülés idejére is. A légkör a sztratoszférában, a jetstream (magaslégköri fu-

tóáramlás) felett igen nyugodt az alacsonyabb réteghez (a troposzférához) képest, így miután a repülőeszköz felemelkedett a hozzávetőlegesen 20 km feletti üzemi repülési magasságba, alacsony sebességgel is képes hatékony manőverezésre. A magaslégköri repülő platformok a gyakorlatban minden esetben személyzet nélküli, autonóm, illetve távirányított repülőeszközök [3].

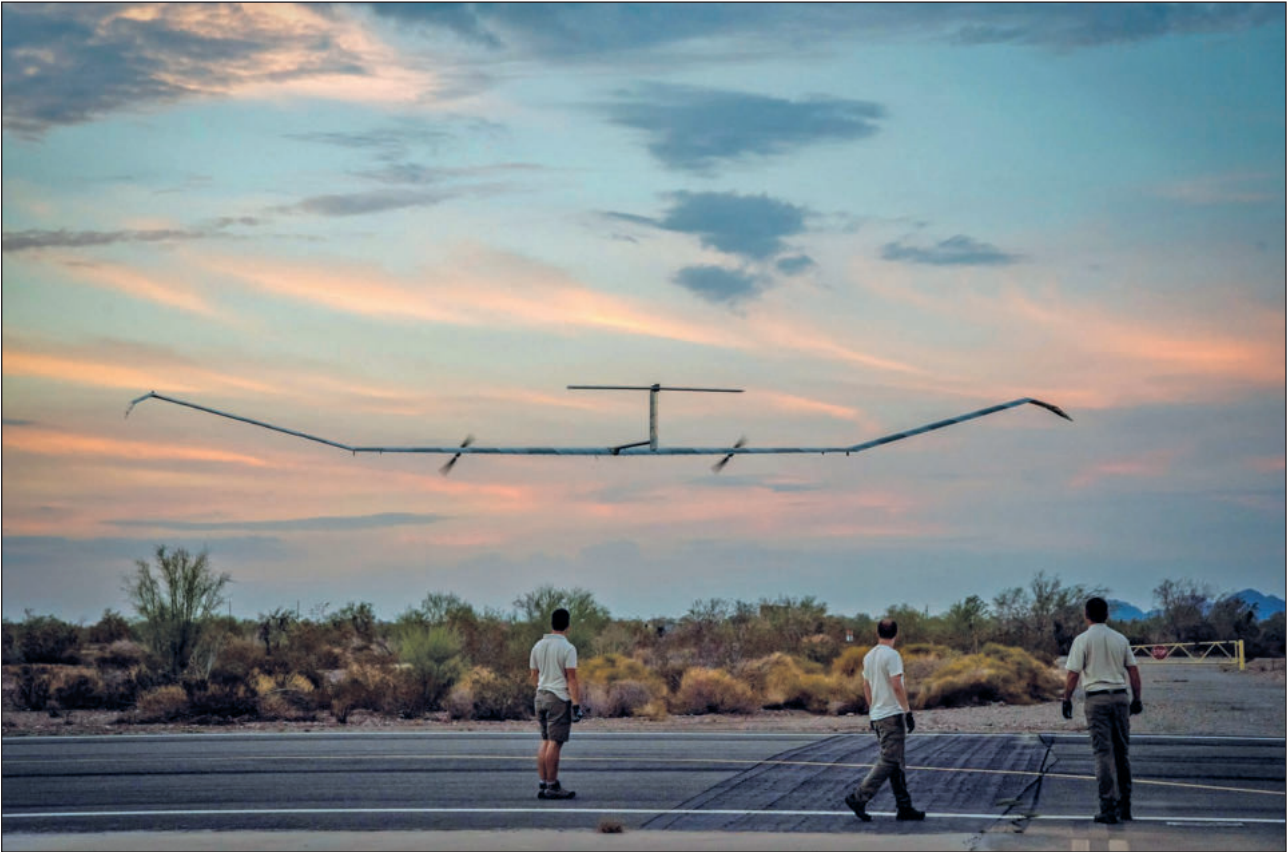
A MAGASLÉGKÖRI REPÜLŐESZKÖZÖK MŰSZAKI JELLEMZŐI

A pszeudoműholdak a repüléshez szükséges felhajtóerő termelése és a manőverezőképesség szempontjából alapvetően három módon valósíthatók meg, és ma mindháromra láthatunk létező, vagy tervezett példákat.

Az első lehetőség egy aerodinamikus repülőeszköz, egy levegőnél nehezebb merevszárnyú RPAS – Remotely Piloted Aircraft System (távirányított légijárműrendszer), amely a sárkányszerkezetre helyezett napelemekkel termeli az energiát az elektromos hajtómotorok és a fedélzeti eszközök számára. (6. ábra) A felhajtóerőt és a manőverezést egyaránt a motorok vonóereje biztosítja. Nappal a napelemek töltik az akkumulátorokat és hajtják a hajtómotorokat, éjszaka pedig a repülőeszköz az akkumulátorokban tárolt energiát használja fel. A repülés idejét csak a hajtómotor-karbantartások közötti üzemidő és az energetikai rendszer degradációja korlátozza.

A második lehetőség egy aerostatikus repülőeszköz, puha vagy félmerev testű léghajó, amely napelemekkel táplált elektromotoros meghajtással rendelkezik. Ennél a változatnál a felhajtóerőt a levegőnél könnyebb léghajótest termeli, a motorok csak a vízszintes síkban történő manőverezéshez szolgáltatnak tolóerőt. A nagy léghajótest miatt azonban a közegellenállás hatása is nagyobb, viszont egyidejűleg nagyobb felület áll rendelkezésre a napelemek számára (amelyek ugyanakkor növelik a repülőeszköz tömegét). (7. ábra) A felhajtóerőt termelő gáz a hélium (a hidrogén az alacsonyabb sűrűsége és a kisebb szivárgási képessége miatt ugyan alkalmasabb lenne, de rendkívül tűzveszélyes). A hélium, kis molekulamérete miatt folyamatosan szivárog, a léghajótest „leereszt”, amely szintén korlátozza a bevetések idejét. A hélium emellett nem tekinthető megújuló erőforrásnak, a Földön csak kis mennyiségben fordul elő, és igen drága.

A harmadik műszaki megoldás szintén aerostatikus, héliummal töltött gázballon, amely saját meghajtással nem rendelkezik. (8. ábra) A felhajtóerő változtatásával lehetsé-



6. ábra. A sztratoszférában repülő Airbus Zephyr S RPAS közvetlenül felszállás után (Forrás: [4] Airbus)

ges a különböző irányba fújó szelek szintjére manőverezni függőleges irányban, vízszintesen azonban a szelek sodorják a ballont. A pillanatnyi és az előre jelzett magaslégköri szélviszonyok alapján 3 dimenzióban tervezhető a ballon repülési útvonala. Egy adott pont felett (azaz a pont környezetében) való tartózkodás (stationkeeping) során a ballon folyamatosan változtatja a repülési magasságát azért, hogy rövid idejű sodródás után a szembe fújó légáramlás az ellenkező irányba sodorja, majd vissza, és így tovább. Ezáltal a ballon soha nem hagyja el a kijelölt alkalmazási terület környezetét. A függőleges manőverezés az emelőgáz által termelt felhajtóerő és a repülőeszköz tömege közötti viszony változtatásával történik. Ez megvalósítható a gáz melegítésével-hűtésével (a meleg gáz kitér és

8. ábra. 4G mobiltelefon-átjátszót szállító ballon felszállás előtti ellenőrzése (Forrás: [6] ESDPA)



7. ábra. Thales Alenia Stratosbus magaslégköri léghajó (Forrás: [5] Thales)



nő a felhajtóerő), tárolótartályból a ballonba engedésével-kiszivattyúzásával (a ballon felfújásával a felhajtóerő nő), illetve levegőzsákok felfújásával-ürítésével (a hélium olyan alacsony sűrűségű, hogy ahhoz képest a levegő is balasztúlyként használható). A ballon üzemidejét elsősorban az emelőgáz folyamatos csökkenése korlátozza. Amikor a gáz fogyása miatt a repülés már nem fenntartható, akkor a ballon felvágásával a héliumot kiengedik, így az közel függőlegesen zuhan le egy arra engedélyezett, koordinált légtérben. Emiatt ez a megoldás még inkább gázpazarló, hiszen a repülést követően a gáz visszanyerésére semmilyen lehetőség nincs (ellentétben a léghajóval, ahol a kontrollált leszállás után a gáz kiszivattyúzható, amennyiben az eszköz nem indul rövid időn belül újabb repülésre).

Bárhogyan is valósuljon meg a repülőeszköz, a repülési profil gyakorlatilag azonos: az indítóhelyről a lehető legkevesebb vízszintes síkú mozgással el kell érni a sztratoszférát. Figyelembe kell venni, hogy még a leginkább manőverezőképes pszeudoműholdak (a merevszárnyú repülő) sem tudják leküzdeni a magaslégtéri futóáramlást (a jetstreamet), így óhatatlanul elsodródhatnak, ezt a jelenséget a légtér biztonságát figyelembe kell venni. A jetstream egyidejűleg azonban felhasználható arra is, hogy amennyiben a műveleti terület az indítási helytől távol van, akkor a repülőeszköz a jetstream magasságában maradva abban „utazik”, sodródik, így nagyobb sebességgel tud haladni és energiát takarít meg. Csak a célközvet közelébe érve emelkedik a futóáramlás fölé, és kezdi meg az önálló manőverezést a hajtóművei vagy a nyugodtabb légrétegek szeleinek felhasználásával [7].

Hogy milyen módon zajlik az önálló manőverező repülés, az a műveleti feladattól, és a környezeti hatásoktól függ. A repülés végrehajtható egy pont közelében maradvan, vagy meghatározott terület felett órjározva, vagy útvonalat repülve. Nappal a repülőeszköz általában emelkedik, így helyzeti energiát halmoz fel, éjszaka pedig süllyed. Ez lehetővé teszi, hogy a merevszárnyú UAV – Unmanned Aerial Vehicle, (személyzet nélküli légi jármű) takarékoskodjon az akkumulátorokban tárolt energiával (a helyzeti energiát használja fel a siklásokhoz, mint a vitorlázórepülő), a felhajtóerőt emelő gázzal biztosító kialakítások pedig a gáz lehűlése miatt süllyednek. A példa szcenárióban a nappali-éjszakai magasságváltozás nem szerepelt.

Az adott műveleti feladat befejezése után a sztratoszférarepülő platform – a hátralévő repülési idejétől és a feladattervtől függően – saját manőverezőképességét kihasználva indulhat új feladatra (ezt ábrázolta a példaszcenárió), vagy pedig a jetstreamben sodródva juthat el az új műveleti területhez. Ha nincs további feladata, akkor a felszálló manőverhez hasonlóan, visszarepülve a leszállóhelyhez, ott egy erre a célra engedélyezett légtérben leereszkedik és leszáll (a ballon pedig végrehajtja az emelőgáz kiengedését és lezuhan).

A MAGASLÉGTÉRI REPÜLŐ PLATFORMOK GYAKORLATI ALKALMAZHATÓSÁGA

A pszeudoműholdak gyakorlati elterjedése napjainkban zajlik. Emiatt a tényleges üzemeltetési tapasztalatok még korlátozottak. A platformok biztosított képességek alapján azonban azt mondhatjuk, hogy átmenetet képeznek mind szolgálatásaikban, mind a műveletet tervezésében és végrehajtásában a sűrű légtér, hosszú órjározási idejű (High Altitude, Long Endurance – HALE), személyzet nélkül repülő repülőeszközök (mint például az RQ-4 Global Hawk és változatai, RQ-3 DarkStar, Bayraktar Akinci, WZ-7 Soar Dragon) és az űreszközök között.

A sűrű légtér repülőeszközök órjározási távolsága és ideje kisebb, mint a sztratoszférarepülő platformoké, azonban teheremelő képességük és repülési sebességük nagyobb. Elméleti lefedettségi területük globálisnak tekinthető abban az értelemben, hogy átrepülés vagy átszállítás után, megfelelő bázisrepülőteréről üzemelve bárhol képesek végrehajtani a feladataikat, az irányítás, valamint a felderítési adatok átvitele pedig műholdas távközlési rendszeren keresztül biztosítható. Előnyük, hogy gázturbinás sugárhajtómű biztosítja a meghajtást, generátor biztosítja a fedélzeti áramellátást, így függetlenek a napsugárzástól, nincs különbség a nappali és az éjszakai repülési profil között. A nagy teheremelő képesség és a jelentős rendelkezésre álló elektromos energia nagy méretű, nagy tömegű és energiaigényes hasznos terhek szállítását biztosítja, nem jelent problémát többek között aktív távérzékelő rendszerek vagy radarberendezések szállítása sem.

A nagy méret és tömeg azonban megkönnyíti a repülőeszköz észlelését, az alacsonyabb repülési magasság miatt a belátott terület kisebb, ezért közelebb kell repülni a célterülethez, és így könnyebb a légvédelmi fegyverekkel történő megsemmisítésük is. A rövidebb órjározási idő megnehezíti a folyamatos megfigyelést, több repülőeszköz kell rotálni az órjározási területen a megszakítás nélküli műveletvégrehajtás érdekében. Jelentősen nő az üzemeltetés anyagi- és humán erőforrásigénye, akiket a műveleti területen (annak közelében) kialakított előretolt bázison kell telepíteni, így megnő az ő veszélyeztetettségük is. Az órjározási légtérbe történő kirepülés és az onnan való visszatérés időszükséglete azonos nagyságrendű a hasznos műveletvégrehajtási idővel, amely – folyamatos megfigyelés esetén – még jobban megnöveli a művelet repülőeszköz-igényét.

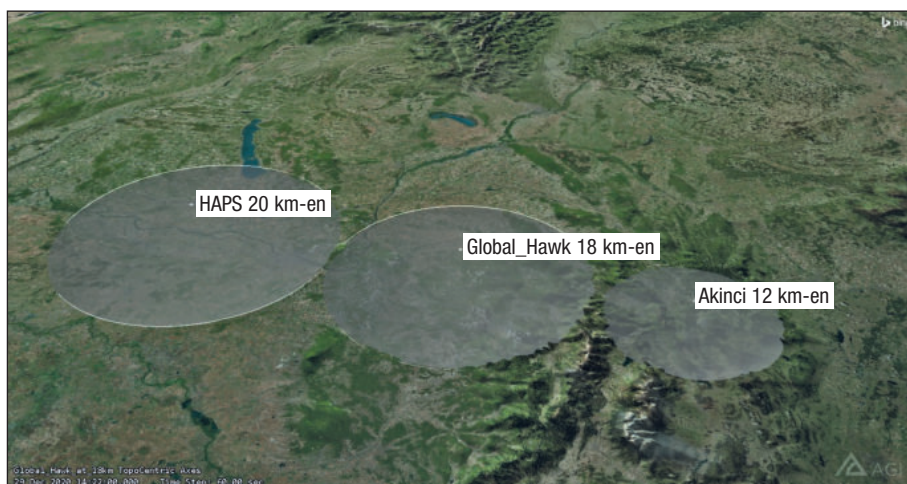
Példaként megemlíthetjük, hogy a WZ-7 Soar Dragon névleges repülési ideje 10 óra, maximális repülési sebessége 750 km/h. 1500 km távolságban lévő célpont esetében hozzávetőlegesen 2 óra szükséges a kirepülésre, 2 óra a visszarepülésre (a felszálló és leszálló manőverek miatt ez a gyakorlatban némiképp több), így mindössze 6 óra marad a hasznos működésre. 24 óra alatt 4 felszállást kell végrehajtania a folyamatos megfigyeléshez. [8]

A Bayraktar Akinci 24 órát képes a levegőben maradni, de maximális repülési sebessége csak 360 km/h. Hasonló műveleti helyzetben az 1500 km-es kirepüléshez több mint 4 óra szükséges, a visszatéréshez ugyanennyi, a hasznos órjározási idő így 16 óra – de az Akinci repülési magassága csak 2/3-a a Soar Dragonnak [9].

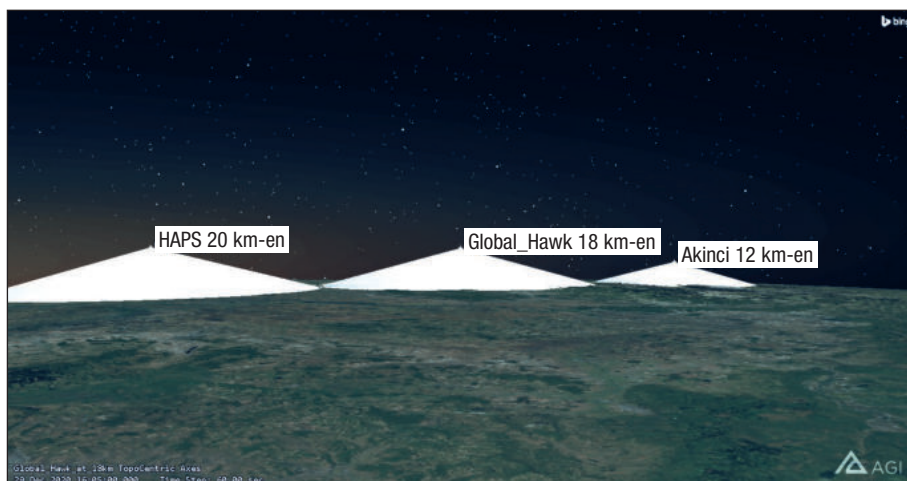
A kategória egyértelműen legmagasabb képességű eszköze az RQ-4B Block 40 Global Hawk, amely névlegesen harminc órát meghaladó órjározási idővel rendelkezik [10].

A 9. és 10. ábrán összehasonlítható egy tipikus pszeudoműhold (20 km magasságban repülve), egy Global Hawk (vagy akár Soar Dragon, 18 km magasságban repülve) és egy Akinci (12 km magasságban repülve) elméleti belátott területe, 75 fokos félnyílásszögű kúpot használva. Fontos kiemelni, hogy a HAPS 20 km-es repülési magassága a gyakorlati minimum, míg a másik két repülőeszköz a gyakorlati maximális repülési magasságán üzemel.

Az űreszközöket jelen összehasonlításunk érdekében két csoportra oszthatjuk. Az elsőbe tartoznak az alacsony Föld körüli pályán keringő műholdak. Ezek legnagyobb részét a légtér fékezés hatástartományja felett, de a belső Van Allen sugárzási öv³ alatt, hozzávetőlegesen 250 és 1300 km közötti magasságtartományban keringenek. Az itt keringő műholdak a földfelszínhez képest relatív elmozdulnak, vagyis egy adott pontból nézve felkelnek a horizont fölé, áthaladnak az égbolton, majd lenyugszanak. Az átha-



9. ábra. HAPS és más HALE RPAS repülőeszközök által belátott terület, közel felülnézetből (A szerző szerkesztése)



10. ábra. A belátott kúpok oldalnézetből (A szerző szerkesztése)

adás ideje percekben mérhető, vagyis egy adott célpontot csak igen rövid ideig tud egy műhold megfigyelni. Azonban a műhold bejárja, így idővel belátja az egész földfelszínt (megfelelően megválasztott röppályaparaméterek esetén), és bizonyos idő múlva visszatér az említett pont fölé is, így egy adott terület megfigyelése periodikusan biztosított, a közbeeső időben pedig más területek is felderíthetők. Az alacsony pályamagasság igen részletgazdag képek készítését teszi lehetővé, akár passzív elektrooptikai szenzorokkal, akár radarral, ezért ezeket az űreszközöket tipikusan távérzékelési célokra hasznosítják. Távközlési feladatokra általában (bizonyos különleges szolgáltatásokat kivéve) akkor alkalmasak, ha nagyszámú műholdat tartalmazó konstellációkat építenek ki, és a kívánt szolgáltatási terület minden pontján megvalósított, hogy mielőtt a földi állomás összeköttetése megszakadna a lenyugvóban lévő műholddal, már felkeljen egy másik műhold, amely át tudja venni az összeköttetést. Ugyanez a rendszerarchitektúra egyébként a folyamatos távérzékelő megfigyelést is biztosítani képes, de nagyon erőforrásigényes és a rendszer üzemeltetése is bonyolult.

Az alacsony Föld körüli pályán keringő műholdakhoz képest a magaslégköri repülő platformok előnye az, hogy ha az egy adott feladat során a megfigyelni kívánt terület jól behatárolható, akkor az oda kirepített pszeudoműhold folyamatos, perisztens szolgáltatást tud nyújtani heteken,

hónapokon keresztül. Igaz, eközben nem képes más területeket megfigyelni, de azt az egy adott területet állandóan, kiesés nélkül. Amennyiben a megfigyelési feladat rövidebb, mint a HAPS működési ideje, akkor a feladat végrehajtása után az eszköz új művelési területre átrepíthető [11].

A következő megvizsgálandó űreszköz-kategóriába a geostacionárius pályán keringő műholdak tartoznak. Az Egyenlítő síkjában, a földfelszín felett hozzávetőlegesen 36 000 km magasságban keringő műhold keringési ideje megegyezik a Föld tengely körüli forgásának idejével, így a műhold a Föld forgásával szinkronban kering, és észak-déli irányban sem mozdul el (a szolgáltatási rendszer által meghatározott ésszerű korlátokon belül). Emiatt a belátott terület állandó, a műhold a szolgáltatási területről folyamatosan látszik, még hozzá állandó kitekintési irányban. Emiatt ezek a műholdak igen kedvezőek távközlési szolgáltatások nyújtására, illetve kis felbontású képalkotó (például meteorológiai távérzékelési) feladatokra. A geostacionárius pályáról hozzávetőlegesen a földfelszín 44%-a látható be (a műhold alatti félgömb peremterületei nem látszanak, és elsősorban a sarkvidéki területeken okoz problémát, mert a keleti és nyugati peremet más pályapozícióból, másik műholddal le lehet fedni). A belátott területen belül a geostacionárius műholdak perisztens és magas minőségű szolgáltatást tudnak nyújtani.

Napjainkban azonban ilyen űreszközök gyártására és pályára állítására nagyon kevés állam, vagy vállalkozás képes. Az Amerikai Egyesült Államok, Oroszország, Franciaország, Kína, India, Japán állami és kereskedelmi szervezetei rendelkeznek megfelelő rakétával a pályára állításhoz. A felsoroltakon kívül nem sokkal több ország gyártói képesek elkészíteni a műholdat (például Izrael, Nagy-Britannia).

Egy ilyen műhold tervezési élettartama 12–15 év, a valós üzemeltetési tapasztalat azt mutatja, hogy ezt néhány évvel túllépi, hacsak valami váratlan meghibásodás nem történik. De a tervezés, gyártás ideje is hozzávetőlegesen 3–5 év, így azzal kell számolnunk, hogy a műhold műszaki követelményeinek összeállításakor 20 évre előre kell tervezni.

A műhold és a földi állomás közötti igen nagy, hozzávetőlegesen 40 000 km távolság azt eredményezi, hogy a jelterjedési idő jelentősen nagyobb, mint amit a földi hálózatokban megszoktunk. Ez bizonyos informatikai hálózati protokollok működését lerontja, illetve beszédkapcsolat esetén – amíg hozzá nem szoknak – a felhasználókat is zavarja.

A pszeudoműhold természetesen nem képes ekkora földrajzi területet egyszerre lefedni, de amennyiben a for-



galom áramlási iránya jellemzően a lefedettségi területen belül tartózkodó állomások között található, akkor megfelelő szolgáltatásokat képes nyújtani. Ebben az esetben a geostacionárius távközlési műhold, a maga több ezer kilométeres nagyságrendű potenciális áthidalási távolságával, kizárólag ezeket a nagy távolságú kapcsolatokat biztosítja, míg a HAPS a lefedettségi területen (potenciálisan a harc- tevékenység, hadművelet vagy más katonai tevékenység területén) belül zajló forgalmazás nem terheli a műholdat.

További eltérés, és a támogatható műveletek portfólióját tekintve szignifikáns előny, hogy a HAPS szervizelhető, vagyis a néhány hetes-hónapos műveleti feladat végrehajtása után leszáll, és ekkor a hordozott hasznos teher cserélhető. A cserét motiválhatja a hasznosteher-technológia fejlődése, vagyis ugyanolyan szolgáltatási színvonal érdekében kisebb, könnyebb, kevesebb energiát igénylő műszaki megoldás alkalmazása (vagy azonos méret, tömeg, energiaigény mellett magasabb szolgáltatási színvonalat biztosító megoldás beépítése); illetve a megváltozó műveleti, alkalmazói igényhez történő alkalmazkodás.

ÖSSZEGRZÉS

A tanulmány egy elképzelt, de releváns művelet alapján, áttekintette a magaslégköri repülő platformok megvalósítási lehetőségeit és lehetséges alkalmazásukat, összehasonlítva a nagy repülési magasságú és hosszú űrjáratozási idejű személyzet nélküli repülőeszközökkel és a műholdakkal. Jól látható, hogy ez az új, napjainkban megvalósuló technológia jó kiegészítője mindkettőnek.

A több hétre, hónapra kiterjedő, és egy jól meghatározott földrajzi területet folyamatosan lefedő űrjáratozás képessége jellemzi a magaslégköri repülő platformokat, ami eltér mind az űrrepülő műholdaktól (hiszen egy területen perzisztens jelenléteket biztosít), mind a nagy repülési magasságú RPAS-októl (hiszen azokhoz képest jelentősen hosszabb ideig biztosítja a jelenléteket). Hátrány azonban a műholdakhoz képest a légköri repülés által jelentett jogszabályi korlátok léte, a nagy repülési magasságú RPAS-okhoz képest pedig az alacsonyabb sebesség.

A fentiek alapján szükséges annak további vizsgálata, hogy a pszeudoműholdak hogyan illeszthetők be a katonai műveletek támogatási portfóliójába, és milyen módon kell a műveleteiket megtervezni és összehangolni a hasonló, jelen cikkben is tárgyalt rendszerekkel.

A publikáció az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktor Program Doktor Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTERIUM

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] AGI Systems Tool Kit szoftver, <https://www.agi.com/products/stk> (Letöltve: 2021.5.25.);
- [2] Forrás: <https://storage.googleapis.com/afs-prod/media/12246c1c0a9e4cdc909daf39c817ce3f/1000.jpeg> (Letöltve 2021.4.16);

- [3] Alejandro Aragón-Zavala, José Luis Cuevas-Ruiz, José Antonio Delgado-Penin, *High Altitude Platforms for Wireless Communications*, Wiley, 2008.;
- [4] Airbus, „Zephyr S set to break aircraft world endurance record” 2018.7.25. <https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2018/07/Zephyr-S-set-to-break-aircraft-world-endurance-record.html> (Letöltve: 2021.4.20.);
- [5] Thales, „Thales Alenia Space and Thales sign concept study contract with French defense procurement agency for a Stratobus type platform” 2020.1.8. <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/press-release/thales-alenia-space-and-thales-sign-concept-study-contract-french> (Letöltve 2021.4.16);
- [6] ESDPA.org, „Airbus tests stratospheric 4G/5G defence communications” 2018.9.25. <https://www.esdpa.org/airbus-successfully-tests-stratospheric-4g-5g-defence-communications/> (Letöltve 2021.4.16);
- [7] Manfred „Dutch” von Ehrenfried, *Stratospheric Balloons: Science and Commerce at the Edge of Space*. Springer International Publishing, 2021. doi:10.1007/978-3-030-68130-2;
- [8] Army Recognition, „Chinese Soar Dragon HALE UAV Unmanned Aerial Vehicle used to spy US Navy USS Antietam” 2019.8.4. https://www.armyrecognition.com/august_2019_global_defense_security_army_news_industry/chinese_soar_dragon_hale_uav_unmanned_aerial_vehicle_used_to_spy_us_navy_uss_antietam.html (Letöltve: 2021.4.14.);
- [9] Airforce Technology, „Bayraktar Akinci Unmanned Combat Aerial Vehicle (UCAV)” <https://www.airforce-technology.com/projects/bayraktar-akinci-unmanned-combat-aerial-vehicle-ucav/> (Letöltve: 2021.4.16.);
- [10] Airforce Technology, „RQ-4A/B Global Hawk HALE Reconnaissance UAV” <https://www.airforce-technology.com/projects/rq4-global-hawk-uav/> (Letöltve: 2021.4.16);
- [11] Enis A. A. Shatri, *High Altitude Platforms Opportunities and Legal Challenges*, Lambert Academic Publishing, 2019.

JEGYZETEK

- 1 A greenwichi középidőt (GMT) 1961-ben felváltó egyezményes koordinált világidő (UTC) az a hivatkozási időzóna, amelyhez a Föld többi időzónáját viszonyítjuk. A bolygó 50 különböző laboratóriumában mért nemzetközi atomidőből származik, de a Föld lassuló és nem egyenletes forgása miatt az eltérés kiküszöbölése érdekében egy-másfél évente egy szökőmásodpercet adnak hozzá. (A szerk.).
- 2 A szimuláció az Analytical Graphics Systems ToolKit szoftverrel készült.
- 3 A Van Allen sugárzási övezetnek nevezik a Földet körülvevő, elektromosan töltött részecskéket tartalmazó dupla gyűrűket, amelyeket a napszél hoz létre. A belső öv 10–50 MeV energiájú protonokból áll, 2000–5000 km-ig terjed a Föld felett. A 6000–10 000 km vastag külső öv, legsűrűbb része 15 000–20 000 km magasságban található, főleg elektronokból áll. A két zóna nem válik el élesen egymástól. Az öveket 1958-ban az Explorer-1 és 3 amerikai műholdak Geiger-Müller-számlálóval történt mérései alapján fedezték fel. A műholdak műszereit az lowai Egyetem fizika tanszékének vezetője, James Van Allen (1917–2006) tervezte (a szerk.).

Schuminszky Nándor* – Dr. Remes Péter**

Szovjet fogságban volt egy amerikai űrkabin

A BOILERPLATE ŰRHAJÓK

Az ún. boilerplate – magyarul: kazánlemez – kifejezés 1959-től terjedt el az űrhajózásban, amikor egy amerikai űrhajót első ízben teszteltek egy vaslemezből készült makettal a különböző konfigurációk, alpméreték, rakományok és kezelési jellemzők vizsgálata céljából. A legelső modell valóban egy acélból készült kazánlemez-kapszula volt, amely a virginiai (USA) Portsmouthban, a norfolki haditengerészeti hajógyárban (NNSY – Norfolk Naval Shipyard) készült. A boilerplate kifejezést később azonban – átvitt értelemben – az összes prototípuskapszulára használták. A modell – más néven tömegszimulátor – alkalmazása a valódi kabinnál jóval olcsóbb. A teljes méretű, de nem 100%-os felszereltségű űrhajó építése költséghatékonyabb a komplett rendszer (tervezés, kipróbálás, újratervezés, indítás) megvalósításánál. A teszteredmények felhasználhatók többek között az űrhajó és a hordozórakéta összeillesztésénél, a vészhelyzeti megközelítésnél, a karbantartást segítő tevékenységnél és a különféle szállítási módzatoknál. A boilerplate űrhajókat leggyakrabban a személyzettel ellátott űrhajók próbáinál alkalmazzák. Az 1960-as évek elején a NASA, a Mercury űrhajó felbocsátásától kezdve a XXI. század második évtizedében megjelent Orion-programig, számos kísérletet végzett ilyen speciális modellekkel.

A technológiai Apollo-űrkabinok a BP-1-től BP-30-ig tartó sorszámozást kapták. A boilerplate-eket a szárazföldi és vízi becsapódás, valamint a visszatérő ejtőernyő vizsgálatára használták. A világűrbe eljutott példányokon – mint pl. a BP-9-es – a mikrometeorok károsító hatásait tanulmányozták, míg a BP-29 jelűvel űsztatási kísérleteket végeztek. A BP-30-as használatára nem került sor, ez a modell az SM-15 és a LES-014 egységekkel kiegészítve, ma kiállítási tárgyként tekinthető meg a floridai Kennedy Űrközpontban (Kennedy Space Center).

A BP-1101 és BP-1302 közötti sorozatjelű űrkabinokat a tengeri kiképzéseknél alkalmazták, és ide tartozott a BP-1227 lajstromszámú Apollo-űrkabin is.

ÖSSZEFOGLALÁS: A szerzők a BP-1227-es lajstromszámú Apollo-űrkabinnál kapcsolatos korabeli események felkutatása nyomán annak a rejtélynek erednek nyomába, hogy 1970 elején az amerikai űreszköz miért és hogyan kerülhetett a szovjetek birtokába. A tanulmány kitér az ún. boilerplate űrhajók szerepére, a BP-1227-est fedélzetére emelő szovjet hadihajó történetére, és dokumentálja saját kutatómunkájuk fázisait. A szerzők kitérnek a tényfeltárást álhírekkel nehezítő sajtóorgánomok dezinformáló tevékenységére. A BP-1227 esete mögött konkrét példákkal idézik fel a szovjet–amerikai űrverseny különböző területeit: többek között a rádió-elektronikai harcot és a flotta-hadműveleteket.

KULCSSZAVAK: Apollo-program, BP-1227 űrkabin, boilerplate űrhajó, Admiral Makarov, Westwind, Encyclopedia Astronautica

AZ ELVESZETT APOLLO BP-1227 „MEGTALÁLÁSA”

Egy legenda szerint 1970 elején Nagy-Britannia partjainál a vízre szállást, és a vízből való mentést gyakorolták amerikaiak az Apollo-program keretében. Máiig sem tisztázott körülmények között azonban – egy felületes magyarázat szerint – „a nagy ködben elvesztették” az Apollo BP-1227 CM-et (Boilerplate-1227 Command Module), azaz egy Apollo-űrhajó parancsnoki egységének méretarányos modelljét.

A valós tények felkutatása egy, Schuminszky Nándor asztronautikai gyűjteményében őrzött, 1970-ben készült – felirata szerint: „Telefoto MTI Külföldi Képszolgálat” által közzé tett – és nyilvánosan publikált fotó nyomán kezdődött. A fotó képaláírása szerint: „Murmanszk. Átadták az Egyesült Államok képviselőjének az Apollo program keretében felbocsájtott kísérleti (sic.) kapszulát, amelyet szovjet halászok fogtak ki a Biscayai-öbölben”. A képaláírásában szereplő „kísérleti kapszula” kifejezés egyértelműen vala-

1. ábra. A híressé vált kép. Ez a fotó szerepel a témával kapcsolatos szinte valamennyi publikáció illusztrációjaként (Fotó: MTI archív)



ABSTRACT: The authors, by searching for contemporary events related to the Apollo spacecraft with registration number BP-1227, reveal the mystery of why and how the American spacecraft may have fallen into Soviet possession in the early 1970s. The study covers the role of the so-called boilerplate spacecrafts, the history of the Soviet warship hoisting the BP-1227 on board, and prove the phases of their own research. The authors pad out about the misinformation of the press, which makes the fact-finding difficult with false news. Behind the case of BP-1227, specific examples are given of various areas of Soviet-American space competition, including radio-electronic combat and naval operations.

KEY WORDS: Apollo program, BP-1227 spacecraft, boilerplate spacecraft, Admiral Makarov, Westwind, Encyclopedia Astronautica

* Magyar Asztronautikai Társaság ORCID: 0000-0001-7947-8645

** Ny. orvos ezredes, c. egyetemi docens, Szegedi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Repülő- és Űrorvosi Tanszék. ORCID: 0000-0003-1715-1705





2. ábra. A mentőrakéta tesztelésénél is boilerplate űrkabint használtak (Fotó: NASA)

melyik Apollo BP-re utalt. Az 1964 és 1965 között, Saturn-I rakétákkal felbocsátott Apollo BP űrhajók nem tértek vissza a Földre, hanem megsemmisültek a sűrűbb légkörbe

süllyedésük után. Teljes mértékben kizárható, hogy egy kísérleti űrkabin épségben leszálljon. A Spaceflight magazin 1974. áprilisi száma, a lap 137. oldalán felsorolja az Apollo-program űrhajóit és rakétáit, ezek között azonban nem szerepel a BP-1227-es. Az egyéb forrásokat kutatva is szembetűnő, hogy az Apollo BP-1227-es nemcsak „elveszett”, hanem nyomtalanul eltűnt.

Az MTI-vel történt levélváltás során az MTI munkatársai megerősítették, hogy a kép valóban 1970. szeptember 8-án készült. Az Apollo-program akkor már túl volt két sikeres Holdra szálláson és egy balsikerű (Apollo-13) kísérleten.

A világhálón nyilvánosak a NASA Apollo-űrhajókra vonatkozó adatok, de a BP-1227-re utaló információ egy sincs közöttük. Schuminszky Nándor kutatóként a NASA-hoz fordult, de érdeklődő e-mailjére nem kapott választ. A neves Apollo-szakértő, Richard Orloff, az *Apollo a számok tükrében* című könyv [6] szerzője sem tudott információt nyújtani az Apollo BP-1227-ről. (A kötetben csak az űrhajókkal végrehajtott Apollo-repülésekről állított össze statisztikát.)

Fontos adalékot szolgáltatott Colin Burgess ausztrál szakíró a fotón látható tengerészek egyenruhájáról, amelyet amerikaiként azonosított. Ezzel bizonyossá vált, hogy amerikai hajóról van szó, és a tengerészek is biztosan amerikaiak.

A HAJÓ, AMELY FEDÉLZETÉRE VETTE AZ ŰRKABINT

A Wind osztályú hajókból összesen 8 db épült, az Amerikai Egyesült Államokban 7 db, és egy módosított változat Kanadában. A II. világháború alatt – az úgynevezett Lend-

3. ábra. A Southwind nevű jégtörő az USA parti őrségének állományában. Az előfedélzetén kivehető az Apollo-űrkabin kupolája (Fotó: Robert Hurst)



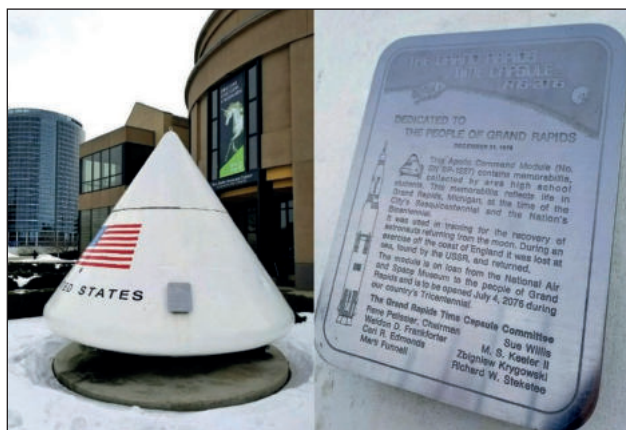


4. ábra. Beemelik az Apollo BP-1227-et a Southwind fedélzetére (Fotó: astronautix.com)

lease (kölcsönbérleti) törvény alapján – az USA 3 db Wind osztályú jégtörőt adott át a szövetséges Szovjetunióknak. Az átadott hajók a Northwind (Északi szél), Westwind (Nyugati szél) és a Southwind (Déli szél) nevet viselték. A Szovjetunióban mindhárom hajót átnevezték; a Szevernij Vetyer (Северный ветер – Északi Szél), a Szevernij Poljusz (Северный Полюс – Északi Sark) és az Admiral Makarov (Адмирал Макаров – Makarov admirális) neveket kapták. Mivel az utóbbi hajó vette később a fedélzetére az Apollo-űrkabin, a szerzők a továbbiakban csak ezzel a példánnyal foglalkoznak.

A hajógyárból frissen kikerült USCGC (WAGB-280) hajó, Southwind néven, 1944. július 15-én vették az Egyesült Államok Parti Őrségének (The United States Coast Guard – USCG) állományába. 1945-től 1949-ig Admiral Makarov nevét viselve szolgált a Szovjetunióban, majd hazatérése után először az USS ATKA (AGB-3), majd ismét a USCGC Southwind nevet viselte.

1970 júniusa és novembere között személyzete oceanográfiai kutatásokat végzett a Barents- és a Kara-tengeren, egyúttal utánpótlást is szállított az amerikai sarki kutatóállomásoknak. Ezt követően látogatást tett Grönlandon, majd a hajónaplóban feljegyezheték a legészakibb meglátogatott pont koordinátáit: északi 83° és 1'. Egy rövid izlandi látogatást követően a Southwind Murmanszkba hajózott. A II. világháború óta ez volt az első alkalom, hogy amerikai hadihajó érkezett szovjet kikötőbe. Az amerikai tengerészek meglepetésére a szovjetek közölték, hogy egy Apollo-űrkabin szándékoznak átadni számukra. Az átadás-átvétel megtörtént, és az Apollo BP-t a leszerelt első fedélzeti ágyú helyére rendben beemelték, majd a szovjet Vlagyimir jégtörő kíséretében a Southwind kihajózott a murmanszki kikötőből. (Ekkor a hajó fehér festésű volt, oldalán „Coast Guard 208” felirattal. Ez azért lényeges információ, mert egyes, a témával kapcsolatos írások illusztrá-



5. ábra. Az időkapszulává átalakított Apollo BP-1227 az emléktáblával (Fotó: Vincze Miklós)

cióin helytelenül, egy fekete festésű Wind osztályú hajó szerepel).

A Southwind A Szovjetunióból Norvégia felé vette az irányt, előbb Tromsø, majd Oslo partjainál kötött ki, végül az angliai Portsmouth kikötőjébe hajózott. Ott az űrkabin átrakta a Royal Navy (Angol Királyi Haditengerészet) egyik hajójára, amely az Apollo BP-t az USA Maryland államának partjára szállította. A NASA átvette az eszközt és az érdeklődők számára Washingtonban, a Smithsonian Intézetben állította ki. Az űrkabin 1976-ban, az Egyesült Államok bicentenáriumi ünnepségeinek keretében a Michigan állambeli Grand Rapids-ba szállították, ahol egyfajta időkapszulaként állították ki, és a korszakra jellemző emléktárgyakat helyeztek el benne. Felnyitását 2076. július 4-én, az Egyesült Államok megalakulásának 300. évfordulóján tervezik. (5. ábra)

FELGYORSULÓ KUTATÓMUNKA

A BP-1227-es történetének felkutatása érdekében Schuminszky Nándor az egyik legjobb űrhajózási adatbázist működtető szakemberhez, Mark Wade-hez fordult. (A tudós Encyclopedia Astronautica nevű adatbázisa napjainkban is elérhető, sőt időközben egyesült a Günter's Space Page-dzsel [6].)

Mark Wade hatalmas önálló felületet nyitott a keresésnek, és élő szemtanúk, érdemben hozzászólók jelentkezését is várta. Adam Bootle emlékezni vélt egy elveszett Apollo-űrkabinra, és ezt a tényt egy John Charles nevű hozzászóló is megerősítette. A kutatók számára nagy meglepetést jelentett a magyar Fehér Tamás észrevétele a magyar Űrhajózási Lexikon 33. oldalán látható képről. [4] A kép alatti szöveg szerint egy üres Apollo-kabin emelnek ki a tengerből, de ez az információ nyilvánvalóan ellenkezik a valósággal. A háttérben lévő egyszerű épületek – inkább Murmanszk kikötőjére emlékeztetnek – erősítette meg Fehér Tamás.

Egyre többen bekapcsolódtak az Apollo-rejtély részleteinek felderítésébe. Az internet megkönnyítette a kapcsolattartást, és látványossá vált, hogy a világ számos pontján sok ember mozdul meg a kérdés megválaszolása érdekében.

A szakemberek és amatőr érdeklődők mellett a bulvár média is bekapcsolódott a helyzet kommunikációjába. Azt híresztelték, hogy az amerikaiak az Apollo-13 esetében nem akartak a Holdra repülni, csak megtévesztésből rendezték meg a startot, ami valójában egy ember nélküli, →

szuborbitális repülés volt. Az űrkabin a tengerre való leszállás után került a szovjetek kezébe, és ezt adták vissza a nemzetközi űregyezménynek megfelelően. Ez természetesen nem volt igaz, és továbbra is nyitva maradt a kérdés, hogy hol, mikor és hogyan került a Szovjetunióba az Apollo BP-1227-es űrkabin.

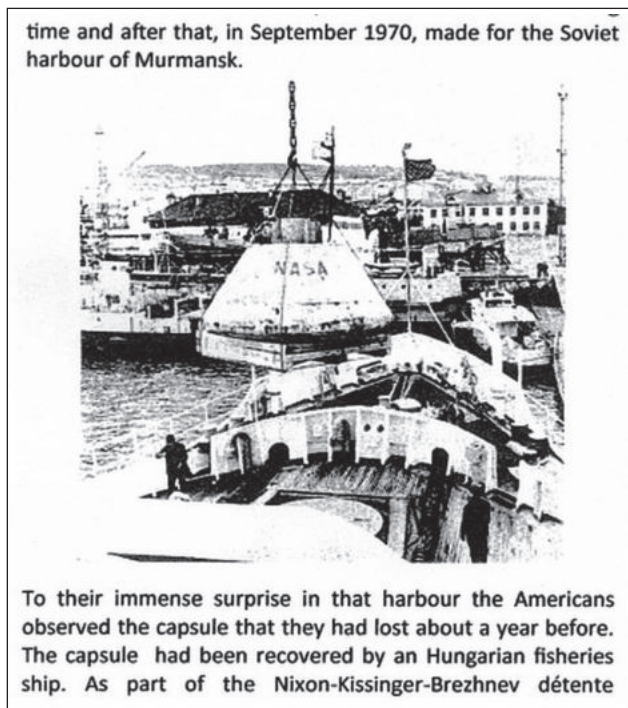
A hivatalos magyarázat szerint „szovjet halászok találtak, és kihalásztak egy űrkabint a Biscaya- (Vizcayai)-öbölben”. Ezt az állítást, minden bizonnyal a korabeli hivatalos változat részének kell tekinteni, mert az információk és a dezinformációk harca a hidegháború velejárója volt.

ÁLHÍREK ÉS TÉNYEK

A XXI. század első évtizedére az Apollo BP-1227 története nemcsak bekerült a legismertebb űresemények közé, hanem szilárdan tartja a helyét az Encyclopedia Astronautica oldalán. Az eseménnyel kapcsolatos fake news-ok sorát az Orbit nevű, űrutasítási bélyegekkel foglalkozó szaklap nyitotta meg. (6. ábra) 2011. júniusi számának 21. oldalán ezt írta: „The capsule has been recovered by a Hungarian fisheries ship” (Az űrkabint egy magyar halászhajó szállította [Murmanszkba]). Ezt követően a Spaceflight magazin 2016 áprilisában a 148. oldalon erre még rálicitált: „...the capsule was picked up by a Hungarian trawler and handed over to the Russians.” (Az űrkabint egy magyar vonóhálós halászhajó halászta ki, és adta át az oroszoknak) (7. ábra).

Az Apollo BP-1227 története egy orosz nyelvű oldalon is felbukkant. A Deseret News 1970. szeptember 4-én „szovjet halászok”-ról írt. A The Stars and Stripes szintén szovjet halászként említi, de ha megnézzük az 1970. szeptember 6-i dátumot és az alatta lévő fotót, akkor felismerhetjük a hátán az egykori fotóalbum matt fekete oldalát. Rejtély, hogy ez az utánozhatatlan fotó miként kerülhetett rá egy évtizedekkel korábbi lapra. A UPI híre szerint az űrkabint

6. ábra. Az Orbit űrutasítási bélyegekkel foglalkozó szaklap 2011. júniusi számának a 21. oldalán közölt cikk kinagyított szövegrészlete



time and after that, in September 1970, made for the Soviet harbour of Murmansk.

To their immense surprise in that harbour the Americans observed the capsule that they had lost about a year before. The capsule had been recovered by an Hungarian fisheries ship. As part of the Nixon-Kissinger-Brezhnev détente



7. ábra. A Spaceflight magazin 2016 áprilisában a 148. oldalon, piros betűkkel közölte: „...the capsule was picked up by a Hungarian trawler and handed over to the Russians.”

1968-ban veszett el, tehát több mint egy évig volt szovjet „fogságban”. (8. ábra) A magyar Népszabadság csak a visszaadás tényéről számolt be, meglehetősen szűkszavúan, de tényszerűen.

2016-ban, a BP-1227-es történetének elindítóit e-mailben megkereste Vitalij Naszennyik orosz fizikus: „Tulajdonképpen engem csak érintőlegesen érdekelt a BP-1227 átadásáról 1970 szeptemberében, Murmanszkban készült fénykép. Az esemény körül sok minden tisztázatlan. Nem ismert, ki és mikor készítette ezt a képet. Egyes források azt állítják, hogy szeptember 6-án, mások szerint szeptember 8-án. A képet először 1970. szeptember 9-én publikálták, az amerikai Tipton városkában (Indiana állam) megjelenő Tipton Daily Tribune újságban [5]. Képaláírásként TASS PHOTO VIA UPI szerepel. 1970. szeptember 4-én számos amerikai kiadvány – hivatkozva a UPI-on (United Press International) keresztül kapott TASZSZ közleményére – adott hírt az űrkabin várható átadásáról. A probléma csak az, hogy ilyen TASZSZ-közlemény egyetlen szovjet újságban, sem a rádióban, sem a televízióban nem jelent meg. Nem található abban a TASZSZ archívumban sem, amelyet megőrzésre az Orosz Föderáció Állami Levéltárának adtak át. Hivatalosan megkerestem őket, de azt válaszolták nekem, hogy ilyen dokumentumot nem őrznek.” (Dr. Remes Péter fordítása)

Naszennyik úr levele azért is érdekes, mert Oroszországban már korábban napvilágot láttak az Apollo BP-1227-esről szóló hírek. Először 2007-ben hozták nyilvánosságra, hogy az űrkabint az Apatit (9. ábra) nevű vonóhálós halász-

Russia Says Apollo Capsule Is Found, Will Be Returned

MOSCOW (UPI) — The Soviets have plucked from the ocean a U.S. space capsule they describe as part of the Apollo moonshot program and plan to return it to American officials this weekend, the official Tass news agency said.

Checks with U.S. Embassy officials indicated the Soviets have had at least two weeks to examine the space hardware and U.S. officials knew it, but their decision to return it at this time came as a surprise.

One embassy spokesman said U.S. officials had viewed the object Friday and could not confirm it was an Apollo program item. But he added "it was my impression from their report it is a whole piece of equipment" and not a fragment.

The Soviets said bluntly they intended to put the capsule aboard the U.S. icebreaker Southwind, which was putting into the Bering Sea port of Murmansk Saturday for three days. U.S. officials said subsequently

they had asked Washington for permission to make the transfer.

A three-paragraph announcement by Tass Friday afternoon gave the first inkling the Russians had any U.S. space gear.

"An experimental space capsule which was launched under the Apollo program and was found in the Bay of Biscay by Soviet fishermen will be transferred to U.S. representatives," it said.

"The U.S. icebreaker Southwind will come to Murmansk to take the capsule on Saturday."

Prior to the Tass announcement, the embassy had announced the Southwind would stop at Murmansk from Saturday through Monday to afford its crew "rest and relaxation." It described goodwill aspects of the visit and nothing more.

When queried on the Tass report an embassy spokesman said the Soviets had taken the decision without notifying U.S. officials.

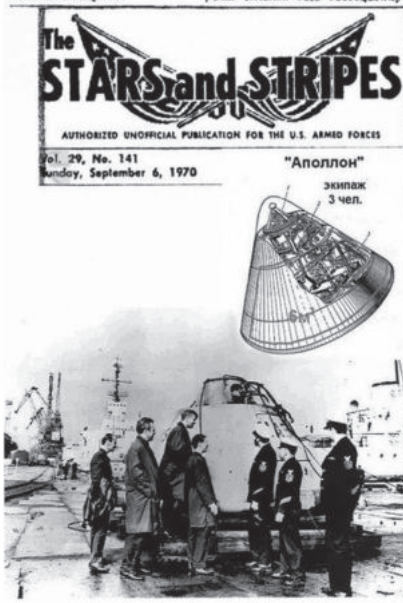
"The Southwind is going to Murmansk for the reasons stated, rest and relaxation, and I think it's a pretty good guess the commanding officer of the ship doesn't know anything about this," he said.

'Fallen From Space'

"The Soviets did tell us about two weeks ago they had something of ours that had fallen from space and that it was in Murmansk, but they apparently decided without telling us to take the occasion of the Southwind visit to give the hardware back."

Another embassy spokesman added later that U.S. officials who had gone to Murmansk to greet the Southwind had seen the space equipment and taken serial numbers, which had been wired to Washington for identification.

"We have told Washington," he said, "that we would like to put it on this ship, which is calling at Murmansk on other business, if it is what it appears to be and if the commanding officer approves."



8. ábra. The Star and Stripes, 1970. szeptember 6. [5]

hajó találta meg. Ennek a hajónak a főmérnöke Alekszandr Andrejev volt, akinek emlékiratát Dmitrij Jermolajev adta közre a Murmanszki Komszomolszkaja Pravdában. A második híradás 2014. november 29-én történt, a harmadik pedig 2015. február 28-án, a Murmanszki Közlönyben. Ekkor képet is közöltek az Apatit kapitányáról, Ivan Sanykovról. „A készülék (űrkabin) közelében egy narancssárga tartály lebegett, acélkábellel rögzítve – írta Alekszandr Andrejev. – A kapitányunk úgy döntött, hogy felveszi a fedélzetre. Kockázatos volt! Az íjmelőink akár 3 tonnát is fel tudnak emelni, de a vízen lebegő szerkezet súlyát nem tudtuk. Szerencsére minden jól ment, és az űrhajót sikerült rögzíteni a fedélzeten. A hozzá rögzített tartályban mentőtutaj, félig rothadt takarót és halászeszközöket találtunk, de az űrkabin belsejében semmi sem volt. Nyilvánvalóan az amerikai űrhajósok mentési kiképzéséhez szolgált és valahogyan elveszett. Távíratot küldtünk Murmanszknak erről a szokatlan felfedezésről.”

Andrejev az emlékirataiban állítja, hogy az Apatit kapitánya, Ivan Sanykov a KGB-től egy vadászpuskát kapott jutalomként a felfedezéséért, és az űrkabin megszerzéséért, mert, ahogy a hatóságok fogalmaztak: „... érdekes és fontos” volt. Az esemény dátumaként 1969. júniusát jelölte meg, a megtalálási hely azonban nem Anglia, hanem Spanyolország partjainak közelében volt. Ez a helyszín azonos a Franciaország nyugati és Spanyolország északi partja mentén elterülő a Vízcsayai-öböllel, amely az Atlanti-óceán részét képezi.

Megjegyzendő, hogy ha az űrkabint Murmanszkba szállították, azt nem tehették volna meg a szovjet északi flotta értesítése/beavatkozása nélkül. Ráadásul egyetlen szovjet

halászhajó sem emelhetne volna a fedélzetére a NASA felirat láttán, de még inkább Moszkva engedélye nélkül. Nyilvánvalóan Moszkva sohasem mondott volna le egy ilyen „ölebe hullott kincs”-ről. Az említett időszakban a Szovjetunió flottatevékenysége nem nélkülözhetette a rádiófelderítő hajók jelenlétét; a felderítő hajók egy csoportja ott volt a közelben, természetesen álcázva. A hajótest kialakítása halászhajó jellegű volt, fedélzetükön a legénység polgári ruhában teljesített szolgálatot. Nagy valószínűséggel ők szereztek meg az Apollo-űrkabint.

A szovjetek kezére került űrkabint a szakemberek alaposan áttanulmányozták. A Holdra szállás elsőségéért folytatott versenyben ekkor már javában folytak a szovjet kísérletek. Az amerikai eredmények kézzel fogható terméke valóban nagy haszonnal kecsegtetett a szovjetek számára, és így lett volna fordítva is, ha az amerikaiak tudtak volna megkarpintani egy szovjet űrhajót, esetleg annak valamilyen technológiai példányát, modelljét.

„Ez egy nagyon gondosan megmunkált, vastagon cinkkel borított, fémből készült űrkabin volt, minden látható korrózió nélkül. Minden határtalanul egyszerű volt. Mindössze a kereső-fényjelző rendszer volt komplett, vagyis teljes értékű, és a hővédő pajzs is eredetinek bizonyult” – írta jelentésében Viktor Blagov, a szovjet katonai szállító-ellátó űrhajó (TKSZ) egyik tervezőmérnöke. A szovjet holdűrhajó (LOK) tervezőmérnökeit a Misin-intézetből (CKBEM – Központi Kísérleti Gépgyártási Tervezőiroda), a TKSZ mérnökeit pedig a Cselomej-intézetből (CKBM – Központi Gépipari Tervezőiroda) azonnal Murmanszkba rendelték, hogy sürgősen és alaposan tanulmányozzák át a birtokukba került eszközt. Először is azonosították, hogy a szóban forgó űrkabin méretre és tömegre megegyezik az Apollo parancsnoki moduljával (CM). Ezután sajnálattal állapították meg, hogy a fényjelző berendezésen kívül semmi sem teljes értékű, minden egyéb csak a gyakorlás céljainak megfelelő technológiai imitáció. Mégis értékes információhoz jutottak az űrhajó fémszerkezetének, anyagának, ötvözetének és megmunkálásának megismerésével. A szovjetek kezére jutott az eredeti optikai rendszer és az űreszköz ablakrögzítésének technológiai megoldása is.

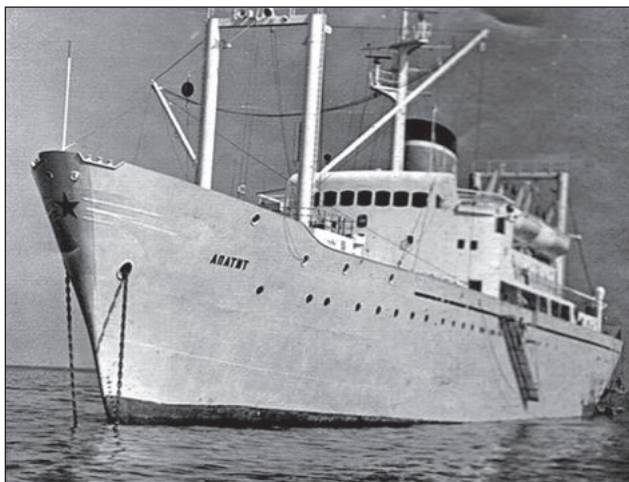
A tanulmány szerzői a 2010-es években ismét kísérletet tettek az MTI-nél, hogy pontosabb információkhoz jussanak. Az újabb válasz sem tartalmazott a korábbinál pontosabb információkat:

„...A fotó, ... az MTI Képes Híradó egy példánya, mely akkoriban (1970) hetenként jelent meg és a legaktuálisabb sajtófotókat mutatta be a nagyközönségnek. A képet nem az MTI munkatársa készítette, hanem része volt a megállapodásokon alapuló nemzetközi tájékoztatási láncnak, amelynek aktív része az MTI évtizedek óta. A fotó a TASZSZ szovjet hírügynökség révén járta be a világsajtót, így közöltük mi is. Az amerikai kísérleti „űrkapszulát”, ahogy fotó kísérszövegén is olvasható a szovjet hatóságok szolgáltatták vissza. A kép eredeti – angol nyelvű – szövegének fordítása korrekt. Érdekessége, talán annyi lehet, hogy mit kereshettek szovjet halászkok a Biscayne (sic!) öbölben Murmanszktól óriási távolságra, és hogy került oda az átadott űrhajóalkatrész (?). A történetről elérhető egy, s más az interneten, de a nálunk archivált fotóból sajnos több nem derül ki.”

RÁDIÓ-ELEKTRONIKAI HARC

A verseny nemcsak a világűrben, hanem a Földön is kíméletlenül folyt a nagyhatalmak között. Az átlagember talán nem is sejtette, hogy a Hold eléréséért való küzdelemnek katonai vonatkozásai is voltak.





9. ábra. Az Apatit elnevezésű „halászhajó”, az állítólagos megtalálóló (Fotó: astronautix.com)

Amikor az amerikaiak elindították a Holdra az Apollo-11-et, akkor a szovjet rádió-felderítőket azonnal harcászati feladatokba helyezték. Válaszul az amerikaiak ugyancsak hajórajokkal vették körül a létszámfőlényben lévő szovjet rádió-felderítő hajókat, és masszív rádiózavarással akadályozták a szolgálati forgalmazás lehallgatását. A művelethez nagy erőket kellett bevetni. Alulról tengeralattjárókkal, felülről pedig harci repülőgépekkel biztosították a helyzetet. Ezek a manőverek anyagi-technikai és logisztikai feladatokat igénylő hidegháborús hadműveletek voltak, a hadművészet története is így tartja számon azokat.

FLOTTA-HADMŰVELETEK

Az amerikai rakétaindítások dátumait, időpontjait, mint pl. az Apollo-13-ét előre bejelentették. Azokban a napokban a Szovjetunió a világ egyik legnagyobb tengeri hadgyakorlataiba kezdett. Az „Okean” (Óceán) fedőnevű, globális hadgyakorlatban több száz szovjet hadihajó vett részt. 1970. április 11-én, az Apollo-13 startnapján, a Szovjetunió Hadiflottája úgy foglalta el pozícióit az Atlanti-óceánon, hogy megszállta az előre kijelölt kényszerleszállási, és a várható leszállási körzeteket is. El akarták fogni az űrhajót vagy az űrhajósokat, de még jobb lett volna számukra, ha az űrkabint az utasaival együtt szerzik meg. Ezt hívják a hadművészetben hadászati célnak. A hadműveleti cél pedig az erődemonstráció, és a hadászati együttműködés gyakorlásán kívül az ellenséges űrtevékenység felderítése volt, az ellenséges űreszközök és űrhajósok megszerzése útján. Ezekben az években a nemzetközi űrjogban az a furcsa helyzet állt elő, hogy az USA nem szállhatta meg (nem foglalhatta el) az orosz leszállási körzeteket, mert ezek szovjet felségterületen, a szárazföldön voltak. A Szovjetunió azonban megszállhatta (elfoglalhatta) az USA űrhajók leszállási körzeteit, mert azok nemzetközi vizeken voltak.

Az ellenséges flották között a helyzet kezdett tarthatatlanná válni, végül a Szovjetunió és az Egyesült Államok egyezményt kötött. A Holdért való küzdelemben ugyanis eljutottak arra a pontra, hogy megértették: bármelyik ország űrhajója érkezik vissza a Hold körzetéből, nagy a valószínűsége annak, hogy ellenséges kezekbe kerül. Ezért lemondtak egymás űreszközeinek elfogásáról, és megállapodtak, hogy vészhelyzetben is csak abban az esetben nyújtanak egymásnak segítséget, ha azt a másik fél kifejezetten kéri. Az egyezmény természetesen a tengeralattjáró

róra is vonatkozott, és ezért nem foghatták el az amerikaiak például a sérült K-8 atom-tengeralattjáró személyzetét.

A NATO-kód szerinti November osztályú K-8-as balesete 1970. április 11-én, az Apollo-13 startjának napján történt. A tengeralattjáró a Földközi-tengeren hajózott, ahol járőrözési harci feladatot látott el, amikor az Óceán-hadművelet miatt visszatartották, és új parancsot kapott; vegyen részt az észak-atlanti manőverekben, ezért még a Földközi-tengeren új ellátmánnyal látták el, feltöltve a készleteit. Április 8-án váratlanul tűz ütött ki a vezérlőegységben, és gyors terjedése következtében a tengeralattjáró irányíthatatlanná vált. A sűrű füst és a tűz elzárta egymástól a tengerészek különböző csoportjait, de néhányuknak – saját életük feláldozása árán – sikerült leállítaniuk az atomreaktort, megelőzve a robbanást. A többiek – sérüléseik következtében – súlyos sugárbetegséget szenvedtek, de még így is sikerült a K-8-asnak a felszínre emelkednie. A sietve odaérkező hadihajóknak az lett volna a feladatuk, hogy a sérült atom-tengeralattjárót vontatókötélre vegyék, és egy hazai kikötőbe vontassák. A térségben tomboló erős vihar miatt, a többszöri próbálkozás után sem sikerült a mentés, ezért a manővert másnapra halasztották. Április 12-én 6:13-kor azonban a Kaszimov hadihajó szolgálatban lévő másodtisztje azt jelentette, hogy vörös rakétát látott a K-8-as irányából. A lokátor képernyőjén pedig egy néhány másodpercig tartó erősödő felvillanás után, a tengeralattjáró radarjele eltűnt. A K-8 tengeralattjáró elsüllyedt atomreaktorostól, atomtöltetű torpedóival, a legénység hátramaradt részével és a kapitányával együtt.

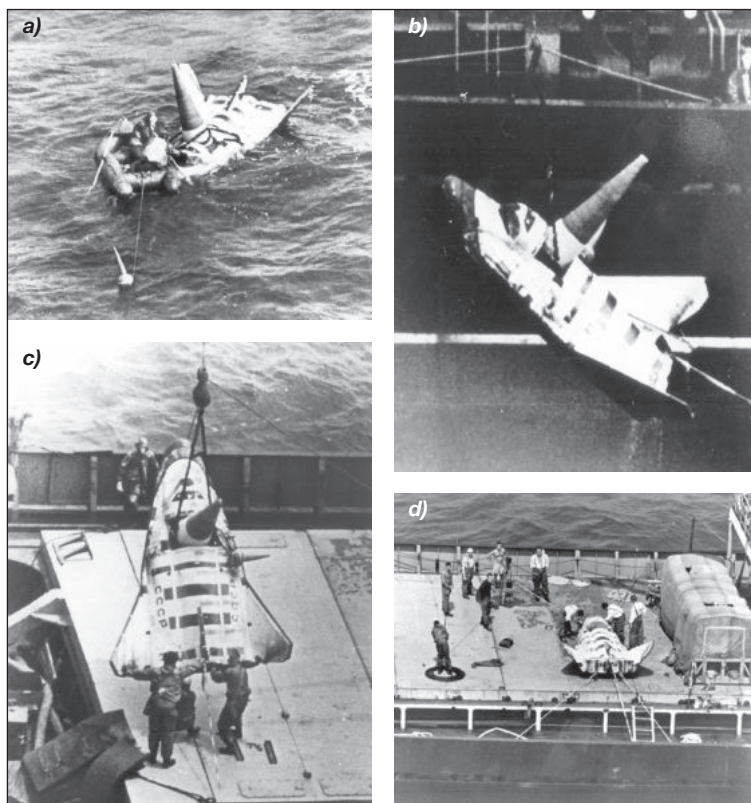
A katasztrófa hírére az amerikai haditengerészet erői elhagyták harcászati, ügyeleti körzeteiket, és erős aktivitást mutattak a bájba jutott szovjet tengeralattjáró körül. Abban reménykedtek, hogy a legénység megadja magát és segítséget fog kérni tőlük. Akkor pedig jogszerűen zsákmányolhatnak egy értékes orosz tengeralattjárót teljes személyzetével, atomreaktorával, nukleáris torpedóival, és az éppen zajló hadművelet minden titkos anyagával együtt. Ez alapos indok lehetett arra, hogy az amerikaiak eltávolodjanak a gyakorlatos Apollo-űrkabintól, és a K-8-as tengeralattjáró körzetébe siessenek. A magára hagyott Apollo-űrkabint ekkor kaparinthatta volna meg egy szovjet hajó, esetleg tengeralattjáró.

A szovjet felderítő jelentések szerint a BP-1204-est tengeri kiképzésre például a spanyol Rota kikötőjénél alkalmazták, a BP-1215 a japán Jokosuka tengerészeti bázis közelében, a BP-1223 pedig az Azori-szigetek térségében tűnt fel. Valószínű, hogy a BP-1227-est a Franciaország nyugati és Spanyolország északi partja mentén elterülő Vizcayai-öbölben valóban használták az amerikaiak, de hogy az „elveszett” űrkabint „szovjet halászhajó” fogták volna ki a tengerből az Apollo-13 leszállási körzeteiért vívott hidegháborús szovjet-amerikai flottahadműveletek kellős közepén, ez minden bizonnyal csupán a legenda része.

ELTITKOLT MINI-ŰRREPÜLŐGÉPEK

Természetesen az amerikaiak is – minden lehetséges alkalmalmmal – komoly erőket mozgósítottak a szovjet űreszközök megszerzése érdekében. Ez történt például a BOR-4 nevű, 1:2 méretarányú mini-űrrepülőgép kísérleti repüléseivel is. Egy szuborbitális és négy orbitális kísérletnél alkalmazták ezt az űreszközt, a hiperszonikus elfogó-vadász űrrepülőgépek, valamint a későbbi szovjet űrrepülőgéphez, a Buranhoz használandó hőálló bevonatok teszteléséhez.

A BOR kísérleti repülései 1980 és 1983 tavasza között titokban folytak. 1983. március 15-én, a 403-as gyári számú



10. ábra. Az ausztrál légierő egyik P-3 Orion típusú felderítő gépe lefényképezte a Kosmosz-1445 néven lajstromozott, visszatért BOR-4 mini-úrrepülőgépet. A fázisképeken a kiemelés látható (Fotók: Royal Australian Air Force)

példány másfélszer kerülte meg a Földet. A Föld légkörébe belépő manőverező mini-úrrepülőgép leszállása körzetében sikeresen végrehajtott egy 600 km-es oldalirányú manővert (erre tervezték). A visszatérés alatt a BOR-4-essel a Volkov Űrhajós és a Beljajev Űrhajós nevű hajókról tartották a rádiókapcsolatot. A mini-úrrepülőgép ejtőernyővel sikeresen szállt a vízre, a szovjet hadiflotta védelmében. Ezúttal azonban az amerikai hadiflotta mellett az Ausztrál Királyi Légierő egyik P-3 Orion típusú felderítő repülőgépe is a leszállás körzetében őráratozott, és így az események nem maradhattak titokban. Fényképfelvételekkel és a rádióirányítás teljes anyagának lehallgatásával, részletes felderítési anyag készült a Kosmosz-1445 lajstromszámú, BOR-4 típusú mini-úrrepülőgép mentéséről (10. ábra).

A szovjetek az ellenséges manőverektől zavarva emelték fel a BOR-4-est a Petropavlovszk nevű hajó fedélzetére. A szovjet kutató-mentő csapatok tengerészeinek beszámolóí szerint az ausztrál repülőgép olyan intenzív „rácsapásokat” hajtott végre a Petropavlovszk fedélzetére, hogy a légörvények csaknem leverték a lábukról a fedélzeten dolgozó tengerészeket. Az ellenséges légi zavaró repülés és a hullámozó tenger mellett, egy rosszul felkészített legénység könnyen elveszthette volna az űreszközt. A jó kiképzés minden esetben sikert hozott, a mini-úrrepülőgépek nem kerültek ellenséges kezekbe. A használható felvételek azonban bizonyították, hogy a szovjetek is előrehaladott állapotban tesztelik a szárnyas, többször felhasználható űreszközöket.

Az ellenséges felderítés kiküszöbölése érdekében, valamint a rádiótechnikai irányítás fejlődésének következtében a további BOR-repülések leszállókörzetét a Fekete-tengerre jelölték ki. Az utolsó BOR-4 leszállásánál (Kosmosz-1614, 1984. december 19.) azonban mégis becsúszott egy irányí-

tási hiba, és a Szevasztopoltól nyugati irányban vízre szálló mini-úrrepülőgép – a hivatalos közlés szerint – „nem sikerült megtalálni”.

Az Apollo BP-1227 űrkabin története jól példázza, hogy a hidegháború időszakában a nagyhatalmak között globális méretekben zajlottak katonai műveletek; földön, vízben, víz alatt, levegőben és az űrben. A közvélemény „tájékoztatásakor” békés célú űrkutatásként említett űrtevékenység mögött, valójában kíméletlen küzdelem zajlott.

Az enyhülés kezdetekor, 1971-ben a CIA a szovjet űrprogram nemzeti hírszerzési becsléséről szóló jelentésben kijelentette: „Az USA szinte minden korábbi erőfeszítése, hogy a szovjeteket kooperatív vagy közös űrprogramokba való bevonására ösztönözze, korlátozott sikerrel járt”. A jelentés megemlíti, hogy 1970 októberében, egy hónappal a BP-1227 visszatérése után, megbeszélések kezdődtek a kompatibilis szovjet és amerikai űrrendevű és összekapcsoló rendszerek kívánalmáról. Innen vezetett az út az 1975-ös első közös szovjet-amerikai űrrepüléshez. [1]

Az Apollo BP-1227 űrkabin történetének kutatása Schuminszky Nándor számára jelentős szakmai elismerést hozott. A Haditechnika folyóirat űrrovatának állandó szerzője, a történet felderítésével bekerült az Encyclopedia Astronautica Who is Who in Space? rovatába (a szerk.). [2] [3]

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Remes Péter, *Apollo űrkabin egy szovjet hadikikötőben*. Kézirat;
- [2] Encyclopedia Astronautica – „Hungary” <http://www.astronautix.com/h/hungary.html>;
- [3] Encyclopedia Astronautica – „Schuminszky” <http://www.astronautix.com/s/schuminszky.html>;
- [4] Űrhajózási Lexikon, Budapest: Akadémiai Kiadó–Zrínyi Katonai Kiadó, 1981.;
- [5] NewspaperArchive.com, „Tipton Daily Tribune Archives, Sep 9, 1970, p. 11” <https://newspaperarchive.com/tipton-daily-tribune-sep-09-1970-p-11/>;
- [6] Richard Orloff, *Apollo By The Numbers – A Statistical Reference*, NASA No.: SP-2000-4029, Washington DC: NASA History Division, 2000. <https://history.nasa.gov/SP-4029.pdf>.

A CIKKBEN SZEREPLŐ RÖVIDÍTÉSEK

BP – boilerplate – több-kevesebb valódi felszereléssel, berendezéssel ellátott, 1:1 méretarányú űrhajómodell.
BOR – БОР, Беспилотный Орбитальный Ракетоплан – pilóta nélküli orbitális rakéta-úrrepülőgép.
CIA – (Central Intelligence Agency – Központi Hírszerző Ügynökség).
CM – Command Module – parancsnoki egység vagy modul, Apollo-űrkabin
SM – Service Module – műszaki egység vagy modul.
LES – Launch Escape System – mentőrendszer.
LOK – Lunnij Orbitalnij Korabl (Лунный Орбитальный Корабль) – Hold körül keringő űrhajó, holdűrhajó.
TKSZ – Transportnij Korabl Sznabzszenyija (Транспортный корабль снабжения) – szállító-ellátó űrhajó.
NASA – National Aeronautics and Space Administration – Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal



Balog Péter*

Az MH Geoinformációs Támogatási Doktrína felülvizsgálata az újonnan rendszeresített technikai eszközök tükrében **II. rész**

Jelenleg zajlik a 2014-ben kiadott Magyar Honvédség (MH) Geoinformációs Támogatási Doktrína felülvizsgálata, megújítása, a nemzeti sajátosságoknak, követelményeknek megfelelően biztosítva az Európai Unió (EU) és az Észak-atlanti Szerződés Szervezetének (NATO) tagjai közötti együttműködéshez, a geoinformációs anyagok interoperabilitásához szükséges feltételeket. A tanulmány első része bemutatta az MH Geoinformációs Támogatási Doktrína felülvizsgálatának időszerűségét és szükségességét az újonnan beszerzett technikai eszközökkel összhangban. A tanulmány második részében a szerző ismerteti a konkrét, érvényben lévő magyar és nemzetközi együttműködésből adódóan alkalmazandó irányelveket, és javaslatot tesz a megújuló doktrína változtatásaira annak érdekében, hogy a szövetségi kötelezettségből fakadó geoinformációs feladatokat a Magyar Honvédség maradéktalanul el tudja látni.

Az 501/2017. kormányrendelet [24] a honvédelem térképészeti támogatásáért felelős szervként a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálatot (a továbbiakban: MH GEOSZ) jelöli ki. A térképészeti támogatás feladatai közé az MH Geoinformációs Támogatási Doktrína felülvizsgálata, megújítása is beletartozik.

A készülő dokumentum a Magyar Honvédség Doktrína Hierarchia részét képezi. Célja, hogy összefoglalja a Magyar Honvédség katonai szervezetei geoinformációs támogatásának tervezésével, szervezésével, irányításával, végrehajtásával és ellenőrzésével kapcsolatos feladatokat. Olyan dokumentum, amely elveket rögzít, mindig az adott helyzetre adaptálandó, és segít az adott helyzethez történő alkalmazkodásban. Iránymutatást ad a parancsnokok, a törzsek és a térképész, illetve meteorológus tisztek, altisztek elméleti és gyakorlati munkájához annak érdekében, hogy a geoinformációs támogatás rendszerét célszerűen és hatékonyan legyenek képesek alkalmazni a különféle műveletek megszervezése és végrehajtása során. A dokumentum alapul szolgál a geoinformációs támogatás területén használt szakkifejezések helyes alkalmazásához, illetve a szakterülettel kapcsolatos egyéb kiadványok elkészítéséhez.

A doktrína szervesen illeszkedik a haderőnemek nemzeti doktrínáihoz, az MH Összhaderőnemi Doktrína 4. kiadásához (a továbbiakban: ÖHD 4.) [27], az MH Összhaderőnemi Műveleti Doktrína 1. kiadásához (MD 3 [1]) és a NATO, illetve az EU szakterületekhez kapcsolódó kiadványaihoz.

A geoinformációs támogatást meghatározó irányelveket két nagy csoportra oszthatjuk: a magyar szabályozókra és

* Alezredes, MH Geoinformációs Szolgálat Katonaföldrajzi és Szakkiképzési Osztály, osztályvezető; Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Hadtudományi Doktori Iskola, doktorandusz. ORCID: 0000-0002-0937-2770

a nemzetközi dokumentumokra. A hazai katonai kiadványok közé tartozik a jelenleg hatályos doktrína [25], ennek készül a megújítása, de a benne foglalt alapelveket célszerű megtartani. Ide tartozik a Magyar Honvédség Doktrína Hierarchiája [26] csúcán elhelyezkedő ÖHD 4., amelyben szintén olyan alapvetések fogalmazódnak meg, amelyeket figyelembe kell venni a szakmai szabályozó kialakításánál is. A nemzetközi kiadványok közül a NATO Összhaderőnemi Térképészeti Támogatásra vonatkozó irányelvei az AJP-3.17 [28], és a 2016-ban kiadott MC 296/3 [29] kiadványokban található meg. Az új irányelv⁸ egyelőre tervezet formájában létezik, de a szakmai változásokat már érdemes követni a hazai doktrína kidolgozása során is.

A NATO Térképészeti Irányelve a meteorológiát nem veszi a támogatandó szakmai feladatok körébe, azt egy külön doktrínában tárgyalja [30]. A Magyar Honvédségben a meteorológiai támogatás az MH GEOSZ-nál valósul meg, így a meteorológia tárgyköre továbbra is része marad a Geoinformációs Támogatási Doktrínának, ahol külön fő fejezetet kap. A tanulmány a NATO dokumentumokon kívül az EU által készített szakmai szabályozást is tartalmazó koncepció [31] tartalmát mutatja be annak érdekében, hogy a magyar doktrínába mely elemeket – akár tartalmi, akár formai – érdemes átvenni, bedolgozni az interoperabilitás jegyében.

MAGYAR KIADÁSÚ IRÁNYELVEK

MH ÖSSZHADERŐNEMI DOKTRÍNA [27]

Az ÖHD 4. a doktrinális alapok ismertetésével kezdődik, bemutatja az alapelveket, a dokumentum célját, helyét, szerepét, az MH, a NATO és az EU katonai erői alkalmazásának nemzetközi jogi kereteit, a műveletek szintjeit, a többnemzeti műveletek elveit, és a konfliktusok jellegét. Ezek után a biztonsági és stratégiai környezetet írja le, mint a kiadvány értelmezési tartományát, kapcsolatát a kiadások hatályos Nemzeti Katonai Stratégiával (NKS)⁹, illetve a biztonsági környezet hatását a jövő katonai műveleteire. Az új NKS-ben¹⁰ megfogalmazottakat szükség esetén az új doktrínában kell figyelembe venni. Stratégiai és összhaderőnemi szinteken definiálja a feladatokat, célokat, módszereket, eszközöket, a műveletek tervezésére, vezetésére, irányítására vonatkozó irányelveket. A fogalmak és meghatározások, valamint a rövidítések jegyzéke a mellékletben található.

Az ÖHD 4. felépítése világos, mindösszesen öt fejezetre tagolódik, amelyek a doktrinális alapok tisztázása után meghatározzák az MH számára a követendő stratégiai és hadműveleti szintű irányelveket, bár a geoinformációs támogatást ez a kiadvány külön nem említi.

MH ÖSSZHADERŐNEMI MŰVELETI DOKTRÍNA [32]

Talán ez az a kiadvány a doktrinális hierarchiában, amellyel az aktuális Geoinformációs Támogatási Doktrína leginkább összhangban áll, lévén 2013-as kiadású, tehát a szakmai szabályozó előtt egy évvel jelent meg. Az MH Doktrína Fejlesztési Terve [26] értelmében ez a dokumentum is megújítás alatt áll, de az új változat még nem lépett hatályba, így egyelőre ehhez a változathoz kell terveznünk. A konkrét doktrína szövegezésével ezt érdemes lenne megvárni. Felépítése hasonló az ÖHD 4.-hez, bevezetőben definiálja a szükséges fogalmakat – műveletek átfogó megközelítése, katonai műveletek hadműveleti szintje, összhaderőnemi katonai műveletek fajtái, végrehajtásuk

elvei, többnemzeti megközelítés, műveleti tevékenységek alapjai. Az összhaderőnemi műveleti funkciók alatt esik szor az összhaderőnemi információ előállításról, amely szerint az azt megvalósító szervezetek „aktív és passzív módszerekkel adatokat, információkat gyűjtenek és dolgoznak fel, ezáltal értékelt felderítési információkat adnak az ellenség (potenciális ellenség), a szembenálló fél, a nem szövetséges államok, az ellenérdekű és terrorista szervezetek és más szereplők szándékáról, tevékenységéről és erőforrásairól (összességében katonai helyzet). Adatokat gyűjtenek és dolgoznak fel, ezáltal értékelt felderítési információkat adnak egy adott földrajzi körzet (terület) meteorológiai, hidrográfiai, geográfiai jellegzetességeiről (összességében környezeti), továbbá a műveleti terület politikai, gazdasági, szociális, információs és infrastrukturális helyzetéről”. [26] Ez a feladatkör lényegében a geoinformációs adatgyűjtés, a geoinformációs értékelés-elemzés tevékenységét fedi le.

Ugyancsak ez a fejezet határozza meg a műveleti környezet geometriáját, területi felosztását [26] azzal a céllal, hogy „az összhaderőnemi erők valamennyi eleme kölcsönösen megértse legfontosabb határait”. [26] Az itt definiált fogalmak (és angol megfelelőjük): sávhatárok és területek; felelősségi körzet (Area of Responsibility – AOR); hadszíntér (Theatre of Operations – TOO); összhaderőnemi műveleti terület (Joint Operations Area – JOA); műveleti terület (Area of Operations – AOO); érdekeltégi körzet (Area of Interest – AOI); felderítés felelősségi körzet (Area of Intelligence Responsibility – AIR). A felsorolt alapfogalmakat a kialakítandó MH Geoinformációs Támogatási Doktrínában is érdemes és indokolt tárgyalni.

A második fejezet a műveletet végrehajtó kötelék megalkotásával foglalkozik, majd a harmadik és negyedik fejezetben kerül sor a felkészülés, illetve a végrehajtás, átmenet és lezárás során elvégzendő tevékenységek elvi, szervezési, gyakorlati feladatainak ismertetésére. A dokumentumot mellékletként fogalmak, meghatározások, angol és magyar nyelvű rövidítésjegyzék, és a referenciaokmányok egészítik ki.

AZ MH GEOINFORMÁCIÓS TÁMOGATÁSI DOKTRÍNA [25]

Az MH Geoinformációs Támogatási Doktrína megújított változatában is az előzőekben vázolt felépítést kell követni. Javasolt megőrizni a hatályos doktrína első, fogalomtisztázó részét. Ebben a két – a hierarchiában a geoinformációs támogatási doktrína fölé tartozó – doktrínában látottakhoz hasonlóan le kell fektetni az alapelveket, ez esetben a geoinformációs támogatás alapelveit, fogalmát, célját, tartalmát. Meg kell határozni a térképészeti, katonaföldrajzi és meteorológiai – közösen tehát geoinformációs – adatokat, anyagokat, a támogatás rendszerét és szabályozási rendjét, illetve a geoinformációs támogatás ellenőrzésének kereteit.

A 2014-ben kiadott MH Geoinformációs Támogatási Doktrína 1. kiadása még a korábbi, 2012-es MH Összhaderőnemi Doktrína 3. kiadásával volt összhangban, amely például különválasztotta a háborús és a békeidőszaki stratégiai környezetet, amely már akkor is eltért a NATO-ban alkalmazott felfogástól [33]. A béke-, válságreakáló és háborús feladatokat a NATO Térképészeti Irányelve [29] sem tárgyalja külön. A jelenleg hatályos doktrína önálló fejezetben tárgyalta a geoinformációs támogatás feladatait békében, válságreakáló műveletek során és a háborús műveletek esetében. Ennek a szétválasztásnak a megtartása nem indokolt az újonnan kidolgozandó doktrínában, mivel az MH GEOSZ-





9. ábra. Térképolvasási készség fejlesztése Nemzetközi Katonai Megfigyelő Tanfolyam keretében (Forrás: MH BTKK)

nak, mint irányító szervnek és a szakmai alárendeltjeinek a feladatai doktrinális szinten nem változnak jelentős mértékben a készenlét fokozása esetén sem. A továbbiakban a második, harmadik és negyedik fejezetekben tehát sorrendben a térképészeti, katonaföldrajzi és meteorológiai támogatással kapcsolatban tartó irányelveket kell lefektetni, úgyis, mint a:

- támogatást végrehajtó katonai szervek és fő feladataik;
- gyakorlatok, műveletek, missziós tevékenység geoinformációs támogatása;
 - a Magyar Honvédség hazai feladatainak geoinformációs támogatása;
 - a Magyarországon végrehajtott műveletek (gyakorlatok, kiképzés, felkészítés) geoinformációs támogatása;
 - a Magyar Honvédség missziós feladatainak geoinformációs támogatása;
 - a NATO/EU Magyarországon végrehajtott műveleteinek geoinformációs támogatása;
- a szakanyagokkal történő ellátás;
 - geoinformációs adatok biztosításának rendje;
 - hálózati szolgáltatások;
 - munkaadások menedzselése (szoftverek, adatbázisok biztosítása);
- oktatás, továbbképzés, felkészítés.

A szakanyagokkal történő ellátás témakörében meg kell jegyezni, hogy az MH Parancsnoksága 2020-ban elrendelte az MH készletképzési rendszerének felülvizsgálatát a nagy mennyiségű papírtérkép-készletek csökkentése érdekében. A Befogadó Nemzeti Támogatás, valamint a NATO NRF¹¹-feladatok egy elvált és megfelelő szintű geoinformációs támogatására megfogalmazott irányelvek alapján elmondható, hogy az analóg készletek csak akkor csökkenthetők egy bizonyos szint alá, ha a katonai szervezeteknél rendelkezésre áll a megfelelő nyomtatvány-elérési képesség. Ezek megteremtésével, hosszú távon ennek a fejlesztésnek az eredményeként igyekszik az MH GEOSZ megvalósítani az összes térképészeti termék nyomdakész digitális formátumban – ún. „ready to print” – történő tárolását és katonai belső hálózaton történő szolgáltatását.

A kiadvány végén, mint azt a felsőbb szintű doktrinánál láthatjuk is, mellékletként a megújult, bővített terminológiai jegyzék fog szerepelni, tartalmazva a geoinformációs támogatáshoz szorosan kapcsolódó fogalmakat, meghatározásokat és rövidítésjegyzéket. Szintén a mellékletként tervezzük megjelentetni a felhasznált referenciák elérhetőségeit.

NEMZETKÖZI, TÉRKÉPÉSZETI TÁMOGATÁSSAL FOGLALKOZÓ IRÁNYELVEK

A NATO TÉRKÉPÉSZETI¹² IRÁNYELVE [29]

A NATO-irányelv a bevezetőben a GI-t (geospatial information, ebben az értelemben térképészeti információ) mint minden műveleti kép alapját határozza meg. Ez az, ami hivatkozási alapot ad a földi, tengeri és légi műveletek helyzetértékeléséhez, tervezéséhez, mozgásaihoz és az összehangolt cselekvésekhez. A bevezető után meghatározza a dokumentum célját, amely a térinformatikai szakemberek és az érdeklődők számára hivatott átfogó útmutatást és iránymutatást nyújtani a szövetségen belüli hatékony koordinált térinformatikai támogatás biztosításához.

A dokumentum ezt követően bemutatja az interoperabilitás alapját képező Közös Térképészeti Keretet (Common Geospatial Framework – a továbbiakban: CGF), amely biztosítja az „ugyanazon térkép alapján működés” (angolul „operating off the same map”) elvét, amelyet a NATO a tervezésben, kiképzésben, gyakorlatokban és bevetésekben elvár. A CGF aktuális meghatározás szerint: „Az a keret, amely leírja a NATO által vezetett műveletekhez alkalmazandó irányelveket, eljárásokat, szabványokat, térinformatikai adatokat, termékeket és szolgáltatásokat.” [29]

Adott tehát a közös keret, amire alapozva a NATO-missziók térképészeti támogatása megvalósul. Ezeket részletezi a dokumentum a továbbiakban, meghatározza a célját, amely pontos, átfogó, összehangolt és időszzerű CGF biztosítása a missziók sikerének elérése érdekében. Mindezt annak érdekében, hogy a térképészeti információkkal kapcsolatos döntéshozatalhoz megfelelő alapot nyújtson a CGF alapelveinek biztosításával, amelyek a következők: időszzerűség, interoperabilitás, oktatás és képzés, feladatmegosztás, információ-menedzsment. Meghatározza ezzel kapcsolatban a térinformatikai szolgáltatási feladatokat, topográfiai, légi és vízrajzi információk feldolgozására bontva. Ezek alapján készülhet el egy alaptérkép, mint a nagy felbontású geoinformációs termékek kijelölt alapja. Megjelenik a Funkcionális Területi Szolgáltatások Térképészeti Biztosítása (Functional Area Services – FAS¹³) aminek tartalmát részletesen a térképészeti biztosítás szövetséges összhaderőnemi doktrínája [28] fejt ki.

Az irányelv a következő részben a stratégiai irányt határozza meg, a NATO térinformatikai követelményeinek folyamataival és a térképészeti információk követelményeinek rendszerével kapcsolatban. Lefekteti, hogy milyen képességekkel milyen támogatást kell megvalósítani, beleértve az adatok, a termékek, tartalmak és a szolgáltatások minimális követelményeit.

Önálló fejezetben tárgyalja a NATO a válságkezelés és a műveletek során megvalósítandó térképészeti támogatást, NRF- és nem NRF-feladatokra bontva. Definiálja a válságkezelést, és meghatározza a tagországok feladatait, akár harcoló erőkkel működnek közre, akár térképészeti információt biztosítanak, illetve a Szövetségi Műveleti Parancsnokság (Allied Command Operations – ACO) és a Szövetséges Transzformációs Parancsnokság (Allied Command Transformation – ACT), valamint a Helyzetértékelő Központ (Situation Centre – SITCEN) feladatait. A feladatvégrehajtások tekintetében az irányelv tartalmazza a minőségre, dokumentációra, munkacsoportokra vonatkozó minimális elvárásokat. Ilyen munkacsoportok a Térképészeti Igények Munkacsoport (Geospatial Requirements Working Group – GRWG), a Térképészeti Haditengerészeti Munkacsoport (Geospatial Maritime Working Group – GMWG), az Összhaderőnemi Térképészeti Szabványosítási Munkacsoport (Joint Geospatial Standards

1. táblázat. Térképészeti információk szintjei (A szerző szerkesztése a [6] alapján.)

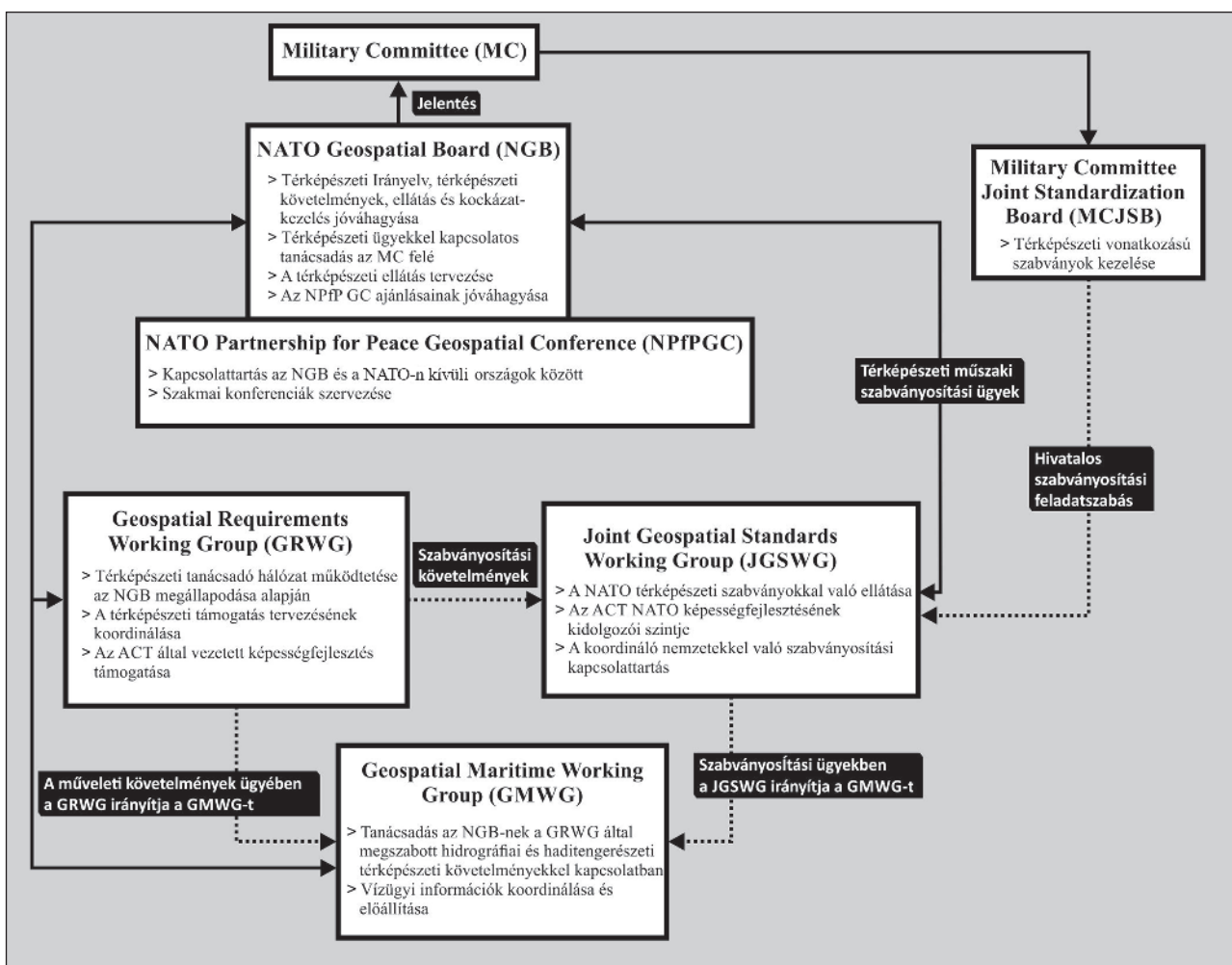
Szint	Papírtérképnek megfelelő méretarány (M)	Képfelbontás (méter) (KF)	Rácsnálófelbontás (méter) (RF)
0.	$M \leq 1:1\ 000\ 000$	Nem használt	$RF > 100\ m$
1.	$1:1\ 000\ 000 < M \leq 1:250\ 000$	$KF \geq 10\ m$	$30\ m < RF \leq 100\ m$
2.	$1:250\ 000 < M \leq 1:50\ 000$	$5\ m \leq KF < 10\ m$	$10\ m < RF \leq 30\ m$
3.	$1:50\ 000 < M \leq 1:25\ 000$	$1\ m < KF < 5\ m$	$5\ m < RF \leq 10\ m$
4.	$1:25\ 000 < M \leq 1:5\ 000$	1 méter	$1\ m < RF \leq 5\ m$
5.	$M > 1:5\ 000$	Jobb mint 1 m	1 m, vagy jobb

Working Group – JGSWG) és a Légi Térképészeti Munkacsoport (Geospatial Air Working Group – GAWG).

A dokumentum végén a legfontosabb kapcsolatokat sorolják fel, külön kitérve az Azonosított Környezeti Képre (Recognised Environmental Picture – REP) és a NATO Térképészeti Bizottság (NATO Geospatial Board – NGB) feladatmeghatározására. Az irányelvet a szakkifejezések

terminológiai gyűjteménye és a rövidítésjegyzék zárja. Itt határozza meg a dokumentum a térképészeti információk szintjeit, papírtérképi méretarányának megfelelően kategorizálva a digitális adatbázisok képi felbontását (1. táblázat).

Az irányelv záró részében található továbbá a NATO térképészeti munkacsoportjainak kapcsolódási rendszerét és főbb feladataikat bemutató ábra is (10. ábra).



10. ábra. A NATO térképészeti munkacsoportok kapcsolódása és főbb feladataik. Az ábrán alkalmazott rövidítések: ACT – Allied Command Transformation (Szövetségi Transzformációs Parancsnokság), GMWG – Geospatial Maritime Working Group (Térképészeti Haditengerészeti Munkacsoport), GRWG – Geospatial Requirements Working Group (Térképészeti Igények Munkacsoport), JGSWG – Joint Geospatial Standards Working Group (Összhaderőnemi Térképészeti Szabványosítási Munkacsoport), MC – Military Committee (Katonai Bizottság), MCJSB – Military Committee Joint Standardization Board (Katonai Bizottság Összhaderőnemi Szabványosítási Bizottság), NGB – NATO Geospatial Board (NATO Térképészeti Bizottság), NPfPGC – NATO Partnership for Peace Geospatial Conference (NATO Béképartnerség Térképészeti Konferencia) (A szerző szerkesztése a [29] alapján.)



A TÉRKÉPÉSZETI BIZTOSÍTÁS SZÖVETSÉGES ÖSSZHADERŐNEMI DOKTRÍNÁJA [28]

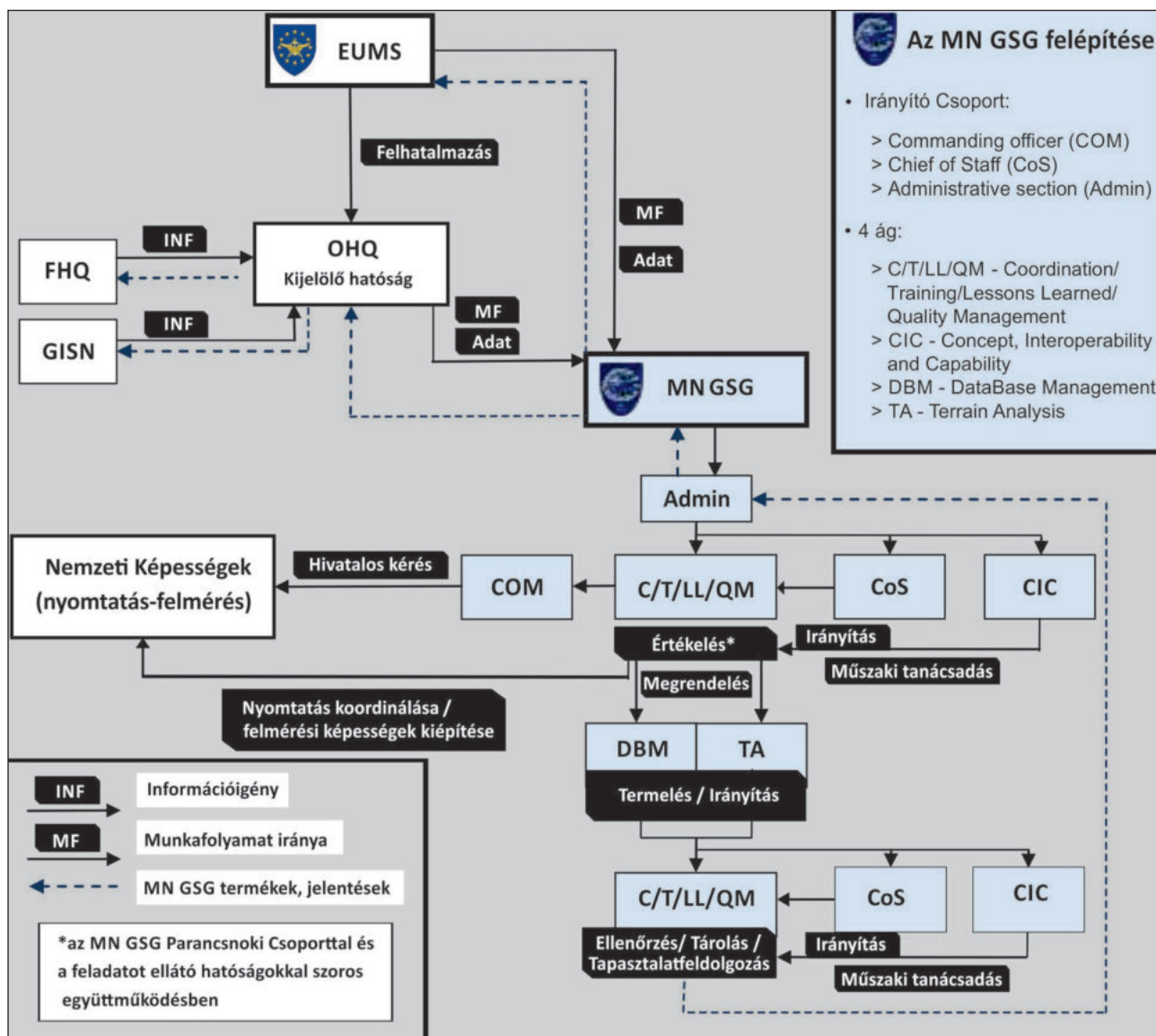
A 2016-os kiadvány az előzőkehez hasonlóan, a doktrína céljának ismertetésével kezdődik, előzetes áttekintést ad a benne foglaltakról és meghatározza a rendeltetését. Kiemeli a megváltozott konfliktusok jellegét és az információ-főlény elérésének fontosságát. Meghatározza a felelősségi szerepeket, és kiemeli a szándékot, miszerint a kiadvány hivatkozott térképészeti támogatás alapjai és a NATO parancsnoki struktúra (NATO Command Structure – NCS), valamint NATO haderő struktúra (NATO Force Structure – NFS) és a NATO-partner nemzetek térképészeti támogató tevékenységei irányításának eljárásai között.

A második fejezet meghatározza a térképészeti feladatokat és felelősséget a Szövetségi Műveleti Parancsnokság

és a Szövetséges Transzformációs Parancsnokság, valamint az alárendelt szervezetei részére. (Ilyen jellegű szervezeti alárendeltségi kibontásra a hazai doktrínában nincs szükség, mindenfajta szakmai irányítás az MH GEOSZ feladata. Az egyes szaktevékenységek részletezése pedig a doktrína alapján készülő szakutasítások feladata lesz.)

A fejezet további része szintén az egyes szakintézmények – például Térképészeti Támogató Csoport (Geospatial Support Group – GSG¹⁴), NATO Összhaderőnemi Alkalmi Harci Kötelék (Joint Task Force – JTF) Parancsnokság, NATO HQ – Helyzetértékelő Központ, illetve a tagországok feladat- és felelősségi körét tárgyalja.

A harmadik fejezet a térképészeti támogatás alapjait definiálja, a NATO-műveletek térképészeti biztosítását, a tanácsadás és a GI-igények, hiányosságok kezelésének folyamatát. Ebbe a részbe került az adatok beszerzése és



11. ábra. Az uniós feladatok irányítása az MN GSG-ben. Az ábrán alkalmazott rövidítések: Admin – Administrative section (Igazgatási részleg), CIC – Concept, Interoperability and Capability (Elgondolás, interoperabilitás és képesség), COM – Commanding officer (Parancsnok), CoS – Chief of Staff (Törzsfőnök), C/T/LL/QM – Coordination/Training/Lessons Learned/Quality Management (Szervezés/kiképzés/tapasztalatfeldolgozás/minőségbiztosítás), DBM – DataBase Management (Adatbáziskezelés), EUMS – European Union Military Staff (Európai Unió Katonai Törzs), FHQ – Force Headquarters (Hadműveleti Parancsnokság), GISN – Geospatial Information Supporting Nation (Térképészeti információval támogató nemzet), OHQ – Operational Headquarters (Műveleti Parancsnokság), TA – Terrain Analysis (terepértékelés) (A szerző saját szerkesztése a [31; 52. o.] alapján.)

gyűjtése, a térképészeti információk feldolgozása, kezelése és a termékek, szolgáltatások megosztásának, sokszorosításának, elosztásának feladatköre is. Ennek a tartalmi résznek a Geoinformációs Támogatási doktrínában a geoinformációs adatok biztosításának rendje, a hálózati szolgáltatások és munkaállomások menedzselése (szoftverek, adatbázisok biztosítása) fejezetek felelnek meg. A negyedik fejezet részletezi valamennyi NATO-művelet típus részére biztosított hatékony és hatásos térképészeti támogatás alapelveit, szerkezetét, eljárásait és feladatait. Ennek megfelelője is megjelenik a magyar dokumentumban a gyakorlatok, műveletek, missziós tevékenység geoinformációs támogatása fejezetben, beleértve az MH hazai feladatainak geoinformációs támogatását, a hazai gyakorlatok, kiképzés, felkészítés, illetve az MH misszióinak és a NATO hazánkban végrehajtott műveleteinek geoinformációs támogatását is. A NATO-kiadvány részletezi az egyes művelet típusokat és fokozataikat, és a tervezéstől a végrehajtásig bemutatja a geoinformációs támogatás megvalósulását. Erdemes a magyar doktrínában is egyfajta linearitásként, a tervezés–együtműködés–végrehajtás logika mentén meghatározni a feladattípusokat, külön figyelve a feladatok közötti átmenet térképészeti támogatására, ahogyan azt a NATO is teszi.

Külön fejezetet kapott a NATO-doktrínában a Funkcionális Területi Szolgáltatások Térképészeti Biztosítása, beleértve ezek hardver- és szoftverigényeit, és a szabványosítást is. Ez a magyar doktrínában a tervek szerint a hálózati szolgáltatások fejezetben jelenik majd meg. A hatodik fejezet foglalkozik az oktatással és kiképzéssel, ez a magyar doktrína is külön tárgyalja, jelezve a technológiai haladás és szakmai ismeretek fontosságát.

EURÓPAI UNIÓ – AZ EU VÁLSÁGKEZELÉSÉNEK ÉS KATONAI VEZETÉSŰ MŰVELETEINEK, MISSZIÓINK TÉRKÉPÉSZETI TÁMOGATÁSÁRÓL SZÓLÓ UNIÓS KONCEPCIÓ [31]

Az említett dokumentum nem doktrína, de tartalmaz olyan irányelveket, amelyeket érdemes figyelembe venni a magyar szakmai szabályozás kialakításakor. Az EU-koncepció szerint a térképészeti információk biztosításának feladata a jelenben meghaladja egy-egy nemzet lehetőségeit, ezért kell közös koncepciót kialakítani, amit az EU közös biztonság-és védelempolitikája, és az EU katonai missziói is megkövetelnek. Az EU által vezetett műveletek földrajzi környezete folyamatosan változik, az EU érdekeltségi területét a koncepció kiterjeszti az egész Földre, ezáltal a térképészeti információk gyűjtésének, biztosításának köre is az egész Földre kiterjed. A koncepció részletezi a térképészeti és szükség esetén a geoinformációs adatgyűjtés (Geospatial Intelligence – GEOINT) biztosításának felelősségét az Európai Külügyi Szolgálat (European External Action Service – EEAS) támogatására, a válságkezelés, valamint az EU által vezetett katonai műveletek és missziók területén.

Kitüntetetten mutatja be a Többnemzetiségű Térképészeti Támogató Csoport (Multi-National Geospatial Support Group – MN GSG) szerepét és működését (11. ábra), amely a meglévő Európai Unió Műholdközpontja (European Union Satellite Centre – EU SATCEN) és az Összhaderőnemi Kutatási Létesítmény (Joint Research Facility – JRF) mellett potenciálisan növeli az EU térképészeti termelési és támogatási kapacitását.

A koncepció meghatározza az összes entitásra vonatkozó kapcsolatrendszert, definiálja a felelősségeket, termékeket és elvárásokat. Meghatározza azokat az elveket, amelyeket figyelembe kell venni annak érdekében, hogy az EU válságkezelésének és az EU által vezetett katonai mű-

veletek és missziók térképészeti támogatásának biztosítása megfelelő legyen, hatékonyan és időben történjen.

A koncepció felépítésében követi a NATO-doktrína logikáját, meghatározza a célját, alapelveit, követelményrendszerét, a felelőségi területeket az egyes szervezetek között, majd a mellékletben szakmai definíciókat tisztáz és rövidítésjegyzékkel zár. Az európai uniós koncepció, illetve a fenti NATO-dokumentumok alapján kijelenthető, hogy a hazai doktrínát is így kell felépíteni.

NEMZETI SAJÁTÓSÁGOK

A METEOROLÓGIA A GEOINFORMÁCIÓ RÉSZÉ

A NATO nem a Térképészeti Irányelvben, hanem külön doktrínában [30] tárgyalja a meteorológiai támogatást. A Magyar Honvédségben a meteorológiai támogatás az MH GEOSZ-nál valósul meg, így a meteorológia tárgyköre továbbra is – nemzeti sajátosságként – része marad a Geoinformációs Támogatási Doktrínának, de a tervek szerint a geoinformációs támogatáson belül külön tárgyalja a doktrína a meteorológiai támogatás feladatait.

A NATO meteorológiai támogatásra vonatkozó doktrínája a cél – a pontos és időszerű, egyedi követelményekhez, operatív egységek feladataihoz, fegyvereihez, műszereihez és rendszereihez igazodó meteorológiai és oceanográfiai támogatás szerepének általános jellemzése a NATO műveleteinek és misszióinak támogatásában – meghatározása után áttekintést ad az összhaderőnemi meteorológiai és oceanográfiai támogatásról, és annak doktrinális háttéréről, alapelveitől a pontosságot, időszerűséget, relevanciát, megbízhatóságot, készenléletet és hatékonyságot határozva meg.

A műveleti tevékenységek fejezetében a művelettervezési folyamat (Operational Planning Process – OPP)¹⁵ és a METOC-támogatás kapcsolata kerül bemutatásra, majd a METOC-adatok és -termékek elérhetőségét határozza meg a dokumentum, illetve a gyors környezeti értékelés (Rapid Environmental Assessment – REA) technikai és műveleti támogatásba illeszthetőségének igényeit.

A hadműveleti szintű METOC-támogatás lefolytatása részben meghatározza a NATO METOC vezetési és irányítási elgondolását, meghatározza a feladatokat és felelőségi köröket a NATO egyes szintjei számára, úgymint a Szövetséges Transzformációs Főparancsnok Parancsnoksága (Headquarters Supreme Allied Commander Transformation – HQ SACT), a Szövetséges Hatalmak Európai Legfelsőbb Parancsnoksága (Supreme Headquarters Allied Powers Europe – SHAPE), Szövetségi Műveleti Parancsnokság (Allied Command Operations Command – ACO Command)

12. ábra. Harcászati meteorológiai állomás (TacMet) összeszerelése (Forrás: MH GEOSZ)





13. ábra. Terepi felmérés a geoinformációs támogatás keretében (Forrás: MH GEOSZ)

és az Összhaderőnemi Alkalmi Harci Kötelék Parancsnoksága (Headquarters Combined Joint Task Force – HQ CJTF). Ezen felül kitér a nemzeti katonai kontingensek feladataira és általánosságban a teljes METOC-szakállomány feladataira. A fő METOC-funkciókat a doktrína az alábbiakban határozza meg: érzékelés és adatgyűjtés, adatfeldolgozás, az adatok terjesztése és értékelése. A doktrína – mint az eddig tárgyalt dokumentumok –, rövidítés- és definíciójegyzékkel zárul.

A szerző, a fentiek alapján a korábban, az MH Geoinformációs Támogatási Doktrína fejezetében tárgyalt struktúrának megfelelően javasolja a meteorológiai támogatást integrálni.

KATONAFÖLDRAJZ

A katonaföldrajzi támogatás a NATO-ban doktrinális szinten nem jelenik meg, de nemzeti sajátosságként az MH Geoinformációs Támogatási Doktrínában helyet kap. A geoinformációs értékelések földrajzi tartalmait ma is a katonaföldrajz vizsgálati módszerét alkalmazzák. A technológia fejlődésének egyik következménye a katonaföldrajz szerepének megváltozása, de jelenleg is meghatározó szerepet játszik a hadművészetben, bár a stratégiai földrajz elsődleges szerepe a nemzetvédelemben és a nemzeti biztonsági magatartás meghatározásában csökkent. [34] Átalakult a katonaföldrajzi támogatás, de a katonaföldrajzi tényezők, az értékelés, elemzés tárgyát képező geográfiai potenciál szerepe megmaradt. Ennek megfelelően kell az általános, az ágazati, és a regionális katonaföldrajzot – beleértve a regionális védelmi földrajzot és a lokális hadszíntérismeretet – integrálni a hazai doktrinális szabályozásba. Meg kell határozni az alapelveket, a felelősségi köröket, az adatok gyűjtésének, felhasználásának elveit és a kiadványokra vonatkozó minimális követelményeket.

TERMINOLÓGIAI JEGYZÉK

Mint láthattuk, a magyar és nemzetközi szövetségi rendszerben meglévő doktrínák a kiadványok végén a fogalmak és meghatározások, valamint a rövidítések jegyzékét mellékletben tartalmazzák, csakúgy, mint a referencia okmányokat és a felhasznált irodalmat. A megújuló Geoinformációs Támogatási Doktrínában is az egyik fontos elem, kiemelt feladat ennek a korszerű szakterminológiai gyűjte-

ménynek a kialakítása. Két kiadvány jelenti ehhez a szakmai alapot, az egyik egy hazai mű, a 2019-ben kiadott Hadtudományi Lexikon [35], annak is kiemelten a katonaföldrajzzal és a geoinformációval foglalkozó szócikkei. A másik a NATO-szójegyzék a terminológiákról és definíciókról [36], amely jó alapot nyújt a NATO-ban alkalmazott angol kifejezésekhez. A szakterminológiai gyűjteményben megjelenik a mai kor szakmai feladatainak és lehetőségeinek megfelelően a tér újszerű értelmezése is, ezért erre a témára bővebben kitérünk.

TÉRÉRTÉLMEZÉS

A geoinformációs értékelések egyik alap problémája a tér lehatárolása, definiálása, pedig a műveleti tervezés alapja annak az összetett, akár földrajzi kereteken túlnyúló térnek az átfogó ismerete, amelyben a műveletek zajlanak. A geoinformáció fogalma napjaink megváltozott kihívásainak és igényeinknek megfelelően bővül, már több, mint a Föld felszínére vonatkozó adatok összessége. A tér, illetve a fegyveres küzdelem kapcsolata már nem egyenlő a földrajzi tér, illetve a háború fogalmával, a földrajzi tér műveleti térré alakul, integrálja a nem fizikai tér fogalmát is. A negyedik generációs hadviselés más jellegű térelemzést kíván, aszimmetrikus hadviselés esetén nincs hadüzenet [37], nincs felismerhető harctér, így a klasszikus értelemben vett terepelemzés és válságövezet lehatárolás sem minden esetben alkalmazható.

A hatékony NATO Reagáló Erők kiépítésének fontos eleme a térképészeti, meteorológiai, oceanográfiai (együtt GeoMETOC) téradatokhoz és felvételekhez, térképekhez történő hozzáférés, ezért a szervezet létrehozta az azonosított környezeti kép (Recognised Environmental Picture – REP) fogalmát, a GeoMETOC adatok ellenőrzött információs bázisaként. [38] A terminológiában az utóbbi években lecserélte a harctevékenység terére alkalmazott „battlefield” szót a „battlespace” szóra, amivel jelzi, hogy a „field” (mező, terület) szó helyett a koncepciókban a „space” (tér, űr) szó került előtérbe.

A földrajzi teret ezenkívül az ember felfogása és észlelése is alakítja, az így megismert és feldolgozott tér a kognitív tér, aminek részei a fizikailag létező terek, illetve fizikailag nem létező, virtuális terek is. Ebbe a koncepcióba illeszkedik az elmélet is, amely szerint a kibertér földrajzi térnek tekinthető. [39]

Szternák György szerint „annyi információt továbbíthattunk csak a döntéshozóknak, hogy pontosan megértsek a

14. ábra. Térképészeti és földmérő feladatokra alkalmas drón (RPAS UAV) – GeoRotor 4 (Forrás: MH GEOSZ)



kialakult helyzetet, nem többet.” [40] Az ilyen szinten szükségesen megismert tér legyen a műveleti tér. A fentiek értelmében pedig a műveleti tér definíciója a földrajzi tér azon kognitív tere, amely az adott műveleti szintre és tevékenységre specializáltan megismert és feldolgozott. Ez a műveleti tér és a katonai tevékenység kölcsönösen hat egymásra, dinamikusan alakítja egymást, hiszen a műveleti tér az a tér, ahol a katonai tevékenység kifejti hatását. A megismerésnek és a feldolgozásnak az eszköze pedig a geoinformációs értékelés-elemzés. Ebben a részben lehetséges egy új szemléletű geoinformációs értékelő-elemző rendszer működésének szabályozási keretét definiálni, beleértve az adatgyűjtés és az értékelés-elemzés elvi szabályozását is.

ÖSSZEZÉS

Az MH Geoinformációs Támogatási Doktrína felülvizsgálata, új doktrína kiadása időszerű és indokolt. A jelenleg hatályos szakmai doktrína a nemzeti sajátosságok miatt több ponton eltér a NATO irányelveitől, de ezek egy részét meg kell tartani a nemzeti szabályozás hatékonysága érdekében.

A hazai és szövetségi rendszerek doktrínáival összhangban a kialakítandó magyar doktrína felépítésének is követni kell azt a formai felépítést, hogy magának a doktrínának a definiálása és hierarchiában való elhelyezése után a geoinformációs támogatás alapelveit, fogalmát, célját, tartalmát határozza meg, tisztázza a felelősségi köröket, majd a térképészeti és katonaföldrajzi, valamint meteorológiai – közösen tehát geoinformációs – adatokat, anyagokat, a támogatás rendszerét és szabályozási rendjét, illetve a geoinformációs támogatás ellenőrzésének kereteit definiálja. A válságövezetek biztonság- és védelemföldrajzi elemzéséhez alkalmazható geoinformációs értékelő-elemző rendszer szabályozási köre a doktrínába beilleszthető, mind az adatgyűjtés, adatkezelés, mind a hálózaton történő ellátást tárgyaló fejezetben releváns. Kívánatos, hogy mellékletként szerepeljen a megújult, bővített terminológiai jegyzék, tartalmazva a geoinformációs támogatáshoz szorosan kapcsolódó fogalmakat, meghatározásokat és rövidítésjegyzéket.



Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-3-I-NKE-50 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [24] 501/2017. (XII. 29.) Korm. Rendelet a honvédelem térképészeti támogatásáért felelős szerv kijelöléséről, hatósági hatásköréről és eljárásának egyes szabályairól 2018.;
- [25] Magyar Honvédség, *Magyar Honvédség Geoinformációs Támogatási Doktrína*, 1. kiadás, *Nyt.sz.: Ált/213.*, 2014.
- [26] MH Hadkiegészítő, Felkészítő és Kiképző Parancsnokság, *Magyar Honvédség Doktrína Hierarchia és Doktrína Fejlesztési Terv (2019–2022)*, 2019.;
- [27] Magyar Honvédség, *Magyar Honvédség Összhaderőnemi Doktrína*, 4. kiadás, *Nyt.sz.: Ált/44.*, 2018.;
- [28] NATO Standardisation Office, *NATO Allied Joint Doctrine for Geospatial Support*, AJP-3.17., 2016.;
- [29] North Atlantic Military Committee, *NATO Geospatial Policy*, MC 296/3., 2016.;
- [30] NATO Standardisation Office, *NATO METOC Support, Allied Joint Doctrine for Meteorological and Oceanographic Support*, AJP-3.11., 2016.;
- [31] European Union Military Staff, *EU Concept for Geospatial Support for EU Crisis Management and EU CSDP Military Led Operations and Missions, Version 10.0*. 2017.;
- [32] Magyar Honvédség, *Magyar Honvédség Összhaderőnemi Műveleti Doktrína*, 1. kiadás, *Nyt.sz.: Ált/38*. 2013.;
- [33] Magyar Honvédség, *Magyar Honvédség Összhaderőnemi Műveleti Doktrína*, 3. kiadás, *Nyt.sz.: Ált/43*. 2012. pp. 2–31.;
- [34] Szenes Zoltán, „Katonai biztonság napjainkban. Új fenyegetések, új háborúk, új elméletek.” in: Finszter Géza, Sabjanics István (szerk.), *„Biztonsági kihívások a 21. században”* Budapest: Dialóg Campus, 2017. p 90.;
- [35] Krajnc Zoltán (főszerk.), *Hadtudományi lexikon – Új kötet*, Budapest: Dialóg Campus, 2019.
- [36] NATO Standardisation Agency, *NATO Glossary of terms and definitions (English and French)*, AAP-06(2014), 2014. 2-D-9.;
- [37] Simicskó István, „A hibrid hadviselés előzményei és aktualitásai.” *Hadtudomány*, 27(3–4) (2017): 5–18. <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2017.27.3–4.3>;
- [38] John Teufert, Mourad Trabelsi, „Development of NATO’s recognized environmental picture.” in Edward M. Carapezza (szerk.), *Sensors, and Command, Control, Communications, and Intelligence (C3I) Technologies for Homeland Security and Homeland Defense V.*, SPIE Proceedings Vol. 6201. 2006. <https://spie.org/Publications/Proceedings/Paper/10.1117/12.669131> (Letöltve: 2020.9.13.);
- [39] Hajnal Klára, „A földrajzi tér és értelmezése.” in: Pirisi Gábor, Trócsányi András, *„Általános társadalom- és gazdaságföldrajz”* <http://tamop412a.ttk.pte.hu/files/foldrajz2/ch01s02.html> (Letöltve: 2020.9.16.);
- [40] Szternák György, „Gondolatok a hatásalapú- és a hálózatközpontú katonai műveletekről” *Hadtudományi Szemle* 1(3) (2008): pp. 1–7.

JEGYZETEK

- 8 North Atlantic Military Committee. *NATO Geospatial Policy*, MC 296/4., 2019.
- 9 1656/2012. (XII. 20.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról. 2012.
- 10 1393/2021. (VI. 24.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról. 2021.
- 11 NATO Response Force – NATO Reagáló Erők, a NATO többnemzetiségű gyorsreagálású hadereje.
- 12 Az angol a geospatial (geo+space) szót használja, ami tartalmában több, mint a korábban a térképészeti kifejezésre használt mapping vagy cartography. Azért nem fordítom a kifejezést „geoinformációs”-nak – ami a magyar szakterminológiában váltotta a térképészeti szóhasználatot –, mert a NATO nem veszi bele a doktrínába a meteorológiát, a hazai értelmezés pedig a geoinformációs támogatás részeként tekinti azt, tehát tartalmilag így helyesebb.
- 13 Ilyen például a NATO művelettervezés támogató rendszere (Tools for Operational Planning Functional Area Service – TOPFAS), vagy a NATO-ban használatos logisztikai információs és tervező program, a Logisztikai Funkcionális Területi Rendszer (Logistics Functional Area Services – LOGFAS)
- 14 A Bundeswehr bázisán létrehozott többnemzeti szervezet, mind a NATO-t, mind az EU-t támogatja.
- 15 A NATO-ban a parancsnoki és törzsmunka kiemelten kezelt része, a műveletek tervezéséhez, vezetéséhez és végrehajtásához szükséges okmányrendszerek kialakításának folyamata.



1. ábra. AMRAAM rakéta indítása a harc helyzetbe hozott indítóból (Forrás: Kongsberg Defence & Aerospace)

Tömböl László* – Böcz Lajos Lóránt** – Juhancsik János***

A földi telepítésű légvédelem új, kis-közepes hatótávolságú rakétarendszere

A Haditechnika folyóirat korábbi számában a szerzők a földi telepítésű légvédelem fejlesztésének első lépcsőjében megvalósuló új, egységszintű vezetési rendszer – a SAMOC (Surface-to-Air Missile Operations Center – Föld-Levegő Rakéta Műveleti Központ) védelemben elfoglalt szerepéről írtak.¹ Jelen tanulmány a még hadrendben lévő 2K12 Kub komplexumokat váltó NASAMS² beszerzés előzményeit, harcrendi elemeit és publikus képességeit ismerteti meg az olvasókkal.

VISSZATEKINTÉS

A Magyar Honvédség első, 1959 októberében megalakult – honi rendeltetésű – légvédelmi rakétaezred³ utolsó és egyben valamennyi előző fegyvernemi egység jogutódjának, a 11. Duna Vegyes Légvédelmi Rakétaezrednek a

felszámolása 2001. június 30-án lezárult. A szervezet aktív fegyverrendszereit képező Sz-200VE, Sz-75M és Sz-125M komplexumok kivonásával megszűnt a nagy magasságú, valamint a nagy és közepes hatótávolságú önálló légvédelmi rakéta oltalmazási képesség.

A haderőátszervezés – valójában fegyverzetcsökkentés – a szárazföldi csapatok [1] közvetlen légvédelmi oltalmazását megvalósító rakétaeszközöket sem kímélte. Elsőként 2000 második félévében a közepes hatótávolságú 2K11 Krug, majd ezt követően a közeli hatótávolságú, szovjet Sztrela és Igla rendszereket is kivonták. A hadrendben – jelentősen lecsökkentett mennyiségben – csak a 2K12 Kub komplexumok maradtak egyetlen helyőrségbe, az MH 12. Arrabona Légvédelmi Rakétaezredbe összevonva.

A NATO szövetségi csatlakozást követően rendszeresített közeli hatótávolságú francia Mistral magasabb minőségű

ÖSSZEFOGLALÁS: A Zrínyi Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program (Zrínyi HHP) keretében a Magyar Honvédség a földi telepítésű légvédelem korszerű, kis és közepes hatótávolságú aktív tűzeszközöket szerez be. Az új rakétarendszer a norvég Kongsberg Defence & Aerospace és az USA Raytheon Technologies által közösen fejlesztett NASAMS (National Advanced Surface to Air Missile System – Nemzeti Fejlett Felszín-Levegő Rakétarendszer). Ezzel a nemzeti légvédelem a XXI. század szintjén építheti újjá a korábban elvesztett nagy magasságú és közepes hatótávolságú oltalmazási képességét. A beszerzésre vonatkozó szerződést 2020. november 30-án írták alá a Honvédelmi Minisztériumban, a rendszerbe állítás 2023-ban kezdődik.

KULCSSZAVAK: Zrínyi HHP, földi telepítésű légvédelem, nemzeti légvédelmi rakétaképesség újjáépítése, NASAMS, AMRAAM, Sentinel radar

ABSTRACT: As part of the Zrínyi Defence and Military Development Program the ground based air defence of Hungary will be equipped with a modern short to medium range ground based air defence missile system. The new system is the NASAMS (National Advanced Surface to Air Missile System) engineered and produced by Kongsberg Defence & Aerospace and US Raytheon Technologies. With this acquisition the ground based air defence of the country will be able to rebuilt its' medium range and high altitude capabilities at the level of the XXI century technology. The acquisition contract was signed at the Hungarian Ministry of Defence on 30th November 2020. The delivery of the new systems will start in 2023.

KEY WORDS: Zrínyi DMDP, Ground Based Air Defence, Rebuilding of the National Air Defence Capability, NASAMS, AMRAAM, Sentinel Radar

* Nyugállományú vezérezredes. ORCID: 0000-0003-3289-2296

** Ezredes, az MHP Haderőtervezési Csoportfőnökség Fegyvernemi Képességtervező Főnökség főnöke. ORCID: 0000-0002-4489-331X

*** Nyugállományú alezredes. ORCID: 0000-0002-6333-2729

ge csupán a pontszerű objektumok védelmében jelentett pozitív változást, de a magasságban és távolságban elvezett képességek pótlása elmaradt.

A fenti döntések szakmai helyességét szerencsére nem kellett a gyakorlatban sem igazolni, sem pedig megcáfolni. Mindenesetre tény, hogy a NATO Szerbia elleni akciója során a Kub eredményessége a várttól alaposan elmaradt, és az amerikai légiereő egyik F-117A – a köznyelv szerint láthatatlan lopakodó (ténylegesen: kis hatásos visszaverő felületű⁴ [2]) – vadászgépét egy Sz-125 Nyeva rendszer „kényszerítette a földre” 1999. március 27-én [3].

A '60-as évektől fejlesztett szovjet Kub kis hatótávolságú, félaktív önirányítású légvédelmi rakétakomplexumok 1976-tól 1982-ig kerültek a Magyar Honvédség hadrendjébe, két (a rakéták három) modernizált változatában. A rendszer egy célcsoport, ami azt jelenti, hogy egy üteg (önálló tűzalegység) egyidejűleg csak egy légi célt képes követni és arra rakétát rávezetni, ennek befejezéséig más célra nem tud indítani. Az irányítórendszerek lengyel-magyar együttműködésben megvalósult modernizációjának köszönhetően, részben sikerült teljesíteni a NATO-integráció alapkövetelményeit, ugyanakkor az üzemeltető személyzet áldozatkész munkája sem kompenzálja a fenntartó-javító alkatrészellátási gondokat, és az eszközök morális amortizációját. Az alkalmazási képességet tovább szűkíti a rendelkezésre álló légvédelmi rakéták darabszáma és azok üzemi ideje, amelyeknek adminisztratív módon történő meghosszabbítása már-már veszélyes lehet. Megítélésünk szerint a 2019. évi Tobruq Legacy NATO-koalíciós gyakorlaton teljesített eredmény – amely szerint minden indított rakéta megsemmisítette a célt – hamis illúzióját kelti annak, hogy a rendszer kivonása tovább lenne halasztható.

A BESZERZÉS ELŐZMÉNYEI

Az elmúlt 20 év sorra kudarcra végződő fejlesztési elképzelései után 2017 szeptemberében, részben a szerzők személyéhez is köthető kis létszámú csoport kapott megbízást és lehetőséget arra, hogy a Zrínyi Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program (Zrínyi HHP) egyik prioritásként meghatározott, a közepes hatótávolságú, földi telepítésű, légvédelmi rakétaképesség helyreállítása, modernizálása érdekében végezzon helyzetértékelést és tegyen javaslatot. A csoport tevékenységét a haditechnikai fejlesztésekért felelős kormányzati és honvédelmi minisztériumi szervek, továbbá a Magyar Honvédség Parancsnoksága (korábban HM HVK) szervezetei felügyelték és irányították.

A potenciális típusok kiválasztását és képességeik előzetes felmérését nagyban elősegítette az európai hadiipari kiállításokon történő részvétel során az egyes eszközök megtekintése azok fizikai valóságában, illetve a gyártókkal történő közvetlen konzultáció lehetősége. A további hazai és nemzetközi nyílt, több esetben minősített adattartalmú tárgyalások és egyeztetések alapján időszakos és eseti, részletes elemző-összehasonlító kimutatások készültek. A munkacsoport záró előterjesztése – szakmai háttérrel képezve a katonai felsővezetői és kormányzati döntéshozókat – egyaránt tartalmazta a beszerzésre javasolt típusok sorrendiségét és azok eszközmennyiségét.

A Honvédelmi Minisztériumban 2020. november 30-án aláírt szerződés alapján a magyar haderő új, földi telepítésű légvédelmi rakétarendszere a norvég Kongsberg Defence & Aerospace és az USA Raytheon Technologies által közösen fejlesztett NASAMS jelenleg elérhető legmodernebb verziója lesz. A rendszer fő-, és kiegészítő elemeinek többségét a Kongsberg hadiipari vállalat szállítja, és ugyancsak

ez a cég végzi el a rendszerintegrációt. Az alkalmazható légvédelmi rakéták az USA FMS (Foreign Military Sales – külföldi katonai értékesítés) szerződés szerint „érkeznek” [4], továbbá a megállapodás rendelkezik egy (a radarrendszerrel összefüggő) úgynevezett közvetlen kereskedelmi értékesítési komponenssel is.

A NASAMS a hagyományos merev-, és forgószárnyas repülőeszközök megsemmisítési képességén túl, olyan légi támadó eszközökkel⁵ szemben is hatékonyan alkalmazható, amelyekkel a jelenlegi légvédelem csak korlátozott képességekkel rendelkezik. [5]

Az új eszközök 2023-ban kezdődő rendszerbe állításával – a Kub-komplexumok egyidejű kiváltása mellett – pótlásra kerül a 20 évvel korábban elvesztett nagy magasságú és közepes hatótávolságú oltalmazási képesség, és a fegyvernem jelenleg egyedüli képviselője, az MH 12. Arrabona Légvédelmi Rakétaezred újjáépítheti a légvédelmi rakétarendszert. Az oltalmazható terület rugalmasan tervezhető, annak mérete és az egyidejűleg tűz alatt tartható célok száma a jelenleginél nagyságrendileg magasabb lesz.

A NASAMS „ELŐLETE ÉS EVOLÚCIÓJA”

A NASAMS kifejlesztésének elsődleges célja az volt, hogy olyan új, kis- és közepes hatótávolságú rendszert hozzanak létre, amelybe egyidejűleg az 1980-as, '90-es évek meglévő norvég légvédelmi tüzér és közeli hatótávolságú rakéta fegyverzete is integrálható. Az elképzelés alapját a repülőerők számára korábban megvásárolt és nagy számban rendelkezésre álló AIM-120 AMRAAM (Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile – fejlett közepes hatótávolságú levegő-levegő rakéta) képezte. Az eredetileg repülőgép-fedélzeti aktív radarirányítású rakéta földi indítása esetén közelítőleg ¼ értékre csökkenő hatótávolsága elfogadható értéket jelentett, mivel az 1995-ben elért kezdeti művelési képességet követő hálózatcentrikus kialakítással megoldották az egyes harcrendi elemek széttagolt elhelyezését. A korábbi légvédelmi rakétakomplexumok alapvető jellemzője volt, hogy az irányító- és indítóberendezések a célkövető-tűzvezető radartól néhány 10 vagy 100 méter távolságra körkörös, illetve szektorosan helyezkedtek el. A NASAMS felderítő-irányító-indító elemek egymáshoz viszonyított távolságát, az integrált híradó-informatikai képesség ennél sokkal tágabb határokon teszi lehetővé. A titkosított rádiókapcsolat 25–30 km távolságban is biztosítja a működést, amely kiegészítő kommunikációs pontokkal, vagy vezetékes WAN (Wide Area Network – nagy kiterjedésű hálózat) –összeköttetés esetén tovább növelhető. A tűzelosztó központok kapcsolatára épülő ún. BNDL (Battalion Net Data Link – zászlóalj-hálózati adatkapcsolat) olyan tűzrendszer⁶ kialakítását teszi lehetővé, amelynek összetétele, földrajzi kiterjedése, harci lehetőségének előzetes felderítése csaknem lehetetlen, és a közvetlen tűzkiváltó eszközök az első rakéták indításáig rejtettek, ezáltal az egyes elemek csapásvédeltsége és a rendszer egészének túlélőképessége rendkívül magas.

A rendszeresítést követően 2007-ig további fejlesztéseket hajtottak végre:

- áttérés TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol (átviteli vezérlő protokoll/internetprotokoll)) alapú belső-külső kapcsolati rendszerre;
- Link 16 adatátviteli képesség integrálása;
- egy BNDL-be kapcsolható harcrendi alapelemek számának megnövelése;
- újabb, hardver-szoftver módosított radar (AN/MPQ 64F1 – Sentinel);
- elektrooptikai szenzor képesség kialakítása.



2019-ig pedig:

- új rakétatípusok (AMRAAM-ER és AIM-9X Block2);
- 5. generációs tüzelosztó központ;
- akár több BNDL egy központi tüzelosztóhoz kapcsolása;
- újabb elektrooptikai szenzor;
- és módosított konténeres indítóberendezés (MK2 típusmegnevezéssel)

rendszerbe illesztése valósult meg.

A NASAMS kategóriájában piacvezető rendszer, Magyarország a 12., egyben 6. NATO alkalmazó ország lesz.

A NASAMS ALAPVETŐ TULAJDONSÁGAI

- hálózatalapú integrált működés;
- nyitott architektúra és rendkívül rugalmas moduláris rendszerfelépítés;
- mindenféle időjárás körülmények közötti alkalmazhatóság, folyamatos, akár 24 órás műveleti képesség;
- körkörös oltalmazás (egy indítóberendezéssel is);
- több célsatorna (azonosnak tekinthető a rakéták darabszámával);
- extrém magas tűzsűrűség;
- különböző típusú és hatótávolságú rakéták, amelyek közül több kettős felhasználású;
- a rendszerelemek széttagolt elhelyezési lehetősége;
- magas túlélőképesség és csapásvédelem;
- nagyfokú mobilitás, rövid bontási és telepítési idő;
- komplex titkosított és zavarvédett külső-belső kapcsolati rendszer;
- kis létszámú kezelőállomány;
- teljes NATINAMDS (NATO Integrated Air and Missile Defence System – NATO integrált lég- és rakétavédelmi rendszer) kompatibilitás;
- magában hordozza a fejlesztés további lehetőségeit.

A NASAMS RENDSZERELEMEI



2. ábra. NASAMS fő rendszerelemek és kezelőállomány [7]

A) TÜZELÓSTÓ KÖZPONT – FIRE DISTRIBUTION CENTER (FDC)

A tüzelosztó központ önálló vagy BNDL (vezető/végrehajtó) szerepkörben végzi a fegyverrendszer irányítását a közvetlen hozzákapcsolt radar; BNDL esetében a hálózatban működő radarok által együttesen létrehozott SIAP (Single Integrated Air Picture – egységes integrált légihelyzet-kép), illetve magasabb vezető szervezet RAP (Recognised Air Picture – valós idejű légihelyzet-kép) információi alapján. A bejövő adatokat, a számítógépes javaslatokat és az azt jóváhagyó-felülbíráló kezelői tevékenységet, valamint a rakéták indítását-rávezetését a légvédelmi konzolon két, 75 cm képátlójú érintőképernyő ábrázolja. A köztes felületen a rendszerbe kapcsolt elemek és azok aktuális állapota látható. További vezérlő-beavatkozó nyomógombos munkafelületek biztosítják az automatikus, félautomatikus és autonóm



3. ábra. Az 5. generációs FDC belső terének részlete (Forrás: Kongsberg Defence & Aerospace)

működtetést. Az infokommunikációs elemek beltéri eszközeit is itt helyezik el. (3. ábra)

A komplexum működtető szoftvere a tüzelosztó tiszt számára minden löesetre ajánlásokat dolgoz ki a beépített, részben a kezelők által korábban lefuttatott gyakorló vagy akár éles löfeladatok tapasztalata alapján, a gépi tanulás útján létrehozott ún. „tüzelési doktrínának” megfelelően. A szoftver ennek során elvégzi a légi célok besorolását, az optimális elhelyezéssel indító, és abban lévő rakétatípus kiválasztását, továbbá az egyéb fontos tüzelés-előkészítési feladatokat.

Az irányító képesség kiterjeszthető hozzákapcsolt VSHORAD (Very Short Range – közeli hatótávolságú) eszközökre (például Mistral) is.

Az indítóberendezésen keresztül) pontos célkoordináta-adatokat továbbít a rakéta fedélzetére az indítást közvetlenül megelőzően, és a szükséges pályamódosítások végrehajtásához repülés közben. Online diagnosztikai program felügyeli a rendszer működését, és rendellenesség esetén riasztja a kezelőket.

A hardvereszközök ISO (International Organization for Standardization – Nemzetközi Szabványügyi Szervezet) -méret szerinti konténerben kapnak helyet, a működés történhet a hordozó járművön vagy hidraulikus emelő szerkezettel földre helyezve is. Az önálló tápellátó és a kommunikációs rendszer antenaszerkezetét a hordozójárműre integrálták. A tartó árbócok emelése és az antennák forgatása elektromos működtetésű.

Kiegészítő tervező szoftver támogatja a harcrendek, az adatkapcsolatok és a manőverek előkészítését. Fiktív légitámadó helyzetbeállításokkal a jövőbeli valós környezetet szimuláló tesztfeladatok futtathatók, amelyek a kezelők felkészítésében döntő fontosságú lehetnek.

B) AN/MPQ-64F1 SENTINEL RADAR

A Raytheon Technologies által gyártott multifunkciós radar 360°-ban, 20 (30) fordulat/perc forgássebességgel végzi a légtérben tartózkodó eszközök felderítését, idegen-saját azonosítását és a kiválasztott célok követését 3–120 km távolsági tartományban. Keskeny tűnyaláb technológiával és annak kifinomult számítógépes vezérlésével rendkívül pontos háromdimenziós (oldalszög, távolság, magasság) koordinátákat biztosít a kis hatásos visszaverő felületekről is. Korszerű zavarvédelmi technológiákkal rendelkezik, „X” hullámsávú, impulzus Doppler működési elvű. (4. ábra)

Az üzembe helyezés során a 2 fős személyzet végzi az szintezést, az antennapozíció beállítását, az elektromos



4. ábra. Az AN/MPQ-64F1 Sentinel utánfutóra szerelt változata [7]

táplálás és a vezérlő-jeltovábbító kábelek csatlakoztatását. A bekapcsolást követően a beépített terminálról futtatják a helyi működési tesztet, majd engedélyezik a távvezérlést az irányító FDC számára. Működés közben a radar paramétereit számos integrált funkcióval tovább konfigurálhatók, például a rendelkezésre álló frekvenciák korlátozása, a kisugárzás letiltása meghatározott irányokban vagy kijelölt térrészek intenzív kutatása, teljesítménycsökkentés az automatikus tereptérképezés alapján.

A radar közvetlen vezetékös összeköttetéssel (≤ 1 km) vagy 30 km-ig terjedő titkosított rádiókapcsolattal csatlakozhat egy tüzelosztó központhoz. A berendezés vontatását olyan jármű végzi, amelyre integrálják a kommunikációhoz szükséges elemeket és a táplálást biztosító áramforrást.

c) KONTÉNERES INDÍTÓ – CANISTER LAUNCHER

2019-től új, MK2 típusmegnevezésű konténeres indítóberendezést állítottak rendszerbe [8]. A korábbi konténerek hosszúságát megnövelték az AMRAAM-ER rakéták méretéhez, átalakították a működést biztosító interfészeket, továbbá a megnövelt tömeghez tartozó statikai módosításokat végeztek. A szállító járműről történő le- és felhelyezést NATO STANAG (Standardization Agreement – Szabványosítási Megállapodás) 2413 szerinti hidraulikus horogemelő szerkezet [9] végzi. (5. ábra) A tápellátásról utánfutón elhe-

5. ábra. A konténeres indító telepítése [7]



6. ábra. AMRAAM-ER rakéta indítása harchelyzetbe állított indítóból (Forrás: Kongsberg Defence & Aerospace)

lyezett önálló áramforrás gondoskodik. A hat konténerbe az alkalmazható rakéták tetszőleges típusösszetételben tölthetők be. A típus felismerése és az információ átadása a tüzelosztó központ számára automatikus. Az indító biztosítja a hat rakéta egymástól független célokra történő egyidejű alkalmazását. Az indítás körkörös, 30° -os rögzített helyszögről valósul meg, a minimális ütemidő 2 másodperc.

A telepítés utáni ellenőrzéseket a kezelők egy csatlakoztatható kézi terminálról végzik el. A harchelyzet elérését követően a vezérlést a kapcsolt FDC veszi át. (1. ábra, 6. ábra) Az összeköttetés lehet vezetékös (≤ 8 km) vagy titkosított rádiócsatorna (≤ 25 km).

A külön gépjárműbe telepített indítóberendezés vezetési pont (Launcher Command Post) tartalmazza a kommunikációs rendszerelemeket, továbbá biztosítja a kezelőállomány huzamos idejű távoli elhelyezésének alapfeltételeit.

A konténerek feltölthetők a telepítést megelőzően vagy azt követően. Az indított rakéták pótlása a helyszínen történő kiszállítással, illetve az indítóberendezés központi ellátópontra történő manőverezésével valósul meg.

d) ELEKTROOPTIKAI SZENZOR – ELECTRO OPTICAL SENSOR (EOS)

Az elektrooptikai szenzor opcionális rendszerelem. (7. ábra) A német Rheinmetall cég MSP 600 típusú elektrooptikai eszköze [10] az általános légi/földi helyzet megfigyelésén túl önálló felderítési és célkövetési képességgel is rendel-

7. ábra. Az elektrooptikai szenzor [7]



kezik. Az optikai és infravörös képalkotást lézeres távolságmérő egészíti ki. A szenzor önálló járműre épített, telepítéskor a kameramodul a védett tárolási térből kiemelkedik, oldalszögben és helyszögben mozgathatóvá válik. (7. ábra)

A berendezés közvetlen optikai kábelkapcsolatban van az FDC-vel (≤ 1 km). A szenzorkép a légvédelmi konzolra kerül, a kameravezérlés nyomógombokkal ellátott botkormányról történik. A képzés és gyakorlás történhet valós és szimulációs helyzetben egyaránt.

E) KIEGÉSZÍTŐ ELEMEL

A széttelepítési képesség, ezáltal az oltalmazható terület megnövelése érdekében kiegészítő kommunikációs pontok kapcsolhatók a rendszerbe. Ezen elemek azonosak az AN/MPQ-64F1 radar vontatását és kommunikációját biztosító járművekkel, a hatótávolság-kiterjesztés ennek megfelelően ≤ 30 km. A hozzáférési pont két szerepkörben alkalmazható. Funkcionálhat egyszerű átjátszó reléállomásként és kommunikációs csomópontként. A nagyszámú variációs lehetőség egyedülálló rugalmasságot biztosít redundáns és elosztott hálózat kiépítéséhez.

Az indítókonténerek feltöltését (újratöltését) önálló járművek biztosítják. A rakéták szabványos tároló ládáit a szállító gépkocsi platószerkezetével együtt helyezik az indítóberendezés mellé. Az egyes rakéták mozgatását és az indítópályákra helyezést emelődaru segítségével végzik. Hat rakéta feltöltése, gyakorlott kezelőszemélyzet esetén kevesebb, mint 30 perc alatt biztosítható.

A kezelőállomány költségghatékony felkészítése, képzettségének szinten tartása és fejlesztése érdekében a gyártó komplex gyakorló központot alakított ki, tanterem jellegű beépíthető változatban. A rendszer megfelel egy BNDL típusú szervezeti felépítésének. Négy darab funkcionálisan működő FDC környezetet tartalmaz, radarok, indítók, EO szenzorok, kommunikációs eszközök valós vagy szimulált használatával. Légítámadó-helyzetek beállításával és valós repülésekkel, fiktív és tervezett harcrendekben nyílik lehetőség a harcászati fogások elsajátítására és új eljárások kifejlesztésére.

Kiegészítő eszközpark gondoskodik a kommunikációs rendszert kezelők képzéséről.

Különálló megfigyelő teremben, projektoros kivetítőn követhető a harci munka, amely a számítógépes rögzítés nyomán, további elemzésre „visszanézhető”.

IRÁNYÍTOTT LÉGVEDELMI RAKÉTÁK

A NASAMS több, hatótávolságban, hatómagasságban és célravezetési módjában eltérő megsemmisítő eszközöket alkalmazhat. (8. ábra)

A rendszer kiinduló pontját jelentő AMRAAM továbbra is az alaprakéta. Az elsőként használt AIM-120B típusjelzést követően megvalósult az újabb, „C” sorozat illesztése, amely a magyarországi JAS-39 Gripen többfeladatú harcászati repülőgépek fegyverzetének is része⁹ [13].

A nagyobb távolság-magasság követelmény alapján, a RIM-162 ESSM (eredetileg hajófedélzeti, félaktív radarirányítású rakéta) hajtóművének és az AMRAAM vezérlésének kombinációjával létrehozott AMRAAM-ER változat hatótávolságban mintegy másfélszeres, hatómagasságban pedig 1,7 értékre növelte a képességet. Az új, kizárólag földi indítású rakétát Magyarország másodikiként (Katar közel-keleti emírség után) állíthatja rendszerbe.



8. ábra. A rakétatípusok a 2015. évi AUSA Annual Meeting kiállításon [12]

További lehetőség az AIM-9X Sidewinder Block2 (szintén kettős felhasználású) infravörös önirányítású rakéta, amely a védelmi képességet közeli hatótávolságban egészítheti ki.

Nyilvánvaló tény, hogy az AIM-120 és az AIM-9X kettős felhasználási lehetősége a kezelés és tárolás, az élettartam, valamint a logisztikai kiszolgálás tekintetében jelentős előnyökkel jár. [11]

NASAMS SZERVEZETI KIALAKÍTÁS ÉS ALKALMAZÁS

Az önálló felderítő-irányító-megsemmisítő képesség elemei a Sentinel radar, a tűzvezető központ és az indítóberendezés. BNDL szervezeti egységben egyidejűleg 10 radar, 5 FDC, 5 elektrooptikai szenzor és 12 indító működhet. Az előző minimál-maximál értékek között az elemek tetszőleges mennyisége korlátozás nélkül alkalmazható.

A BNDL tűzlehetőségének meggyőző mutatója, hogy a 12 indítóban elhelyezett 72 db rakéta 72 önálló célra, 20 másodpercen belül indítható.

Kiterjesztett földrajzi elhelyezésben vagy feladat szerint elkülönített több BNDL felsőbb szintű tűzvezetését, a vezető szerepkörrel felruházott FDC vagy a SAMOC végzi.

ÖSSZEZÉS

A NASAMS – az első honi légvédelmi rakétaeszközök 1960-as évekbeli magyarországi rendszeresítéséhez hasonlítható – minőségi változást hoz.

Ugyanakkor indokolatlan lenne elhallgatni azt a tényt, hogy egy homogén tulajdonságú rendszer valamennyi jelenlegi és jövőbeni légi fenyegetés elhárítására önállóan nem képes. A ballisztikus rakétákkal szembeni védelem továbbra is a NATINAMDS erre alkalmas, különleges eszközeire hárul mindamellett, hogy a RAM (Rocket, Artillery and Mortar – rakéták, tüzérségi lövedékek és aknagránátok) kategóriájú célok és a kis hatásos visszaverő felületű, pilóta nélküli légi járművek tömeges alkalmazási lehetősége újabb, megoldásra váró kihívásokat jelentenek.

Mindez azt jelenti, hogy a NASAMS rendszerbe állítása mellett a későbbiekben, akár annak továbbfejlesztésével vagy új eszközök beszerzésével, racionális módon és mértékben ki kell terjeszteni a földi telepítésű légvédelmi ké-

pességet. Ezt deklarálva, a múlt év októberében az Északatlanti Szerződés Szervezete védelmi miniszteri tanácskozásán, szándéknyilatkozatban hazánk is csatlakozott a moduláris földi telepítésű légvédelmi, valamint a gyorsan telepíthető, tűzcsapások elleni fegyverrendszer képességek potenciális közös beszerzésének lehetőségeit vizsgáló szakmai munkacsoportokhoz. [14] Záró aktuális hír, hogy a német Rheinmetall védelmi ipari céggel 2021. május 18-án Budapesten – a stratégiai partnerség bővítése keretében – harcjárműre telepített mobil, közeli hatótávolságú légvédelmi fegyverrendszerek fejlesztéséről és gyártásáról szóló egyetértési nyilatkozat került aláírásra. [15]

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Veres Mihály, *Légvédelmi Tüzérek és Rakétások*, Veszprém: szerzői kiadás, 2002.;
- [2] Pártos Sándor, „Kis visszaverő felülettel rendelkező repülőeszközök detektálási lehetőségeinek értékelése” *Repüléstudományi Közlemények* 26, 2. sz. (2014): p. 565–575. <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/reptudkoz/article/view/4654/3803> (Letöltve: 2021.5.7.);
- [3] Zord Gábor László, „Húsz másodperc az élet” *Magyar Nemzet*, 2010.11.15. <https://magyarnemzet.hu/archivum-magyarnemzet/2010/11/husz-masodperc-az-elet> (Letöltve: 2021.8.9.);
- [4] Defense Security Cooperation Agency, „Hungary – AIM-120C-7 Advanced Medium-range Air-to-air Missiles (AMRAAM)” https://www.dsca.mil/sites/default/files/mas/hungary_19-25.pdf (Letöltve: 2021.5.7.), Defense Security Cooperation Agency, „Hungary – Advanced Medium Range Air-to-Air Missiles Extended Range (AMRAAM-ER)” https://www.dsca.mil/sites/default/files/mas/hungary_19-73.pdf (Letöltve: 2021.5.7.);
- [5] Draveczki-Ury Ádám, „A Magyar Honvédség pontosan tudja, mit kell venni – Interjú Maróth Gáspárral” *Honvédelem.hu*, 2020.11. 20. <https://honvedelem.hu/hirek/a-magyar-honvedseg-pontosan-tudja-mit-kell-venni.html> (Letöltve: 2021.5.7.);
- [6] *A honi légvédelmi rakétacsapatok harcászata*, Tankönyv, Budapest: Magyar Néphadsereg, 1982;
- [7] Kongsberg, „Nasams Air Defence System” <https://www.kongsberg.com/kda/products/defence-and-security/integrated-air-and-missile-defence/nasams-air-defence-system/> (Letöltve: 2021.5.7.);
- [8] Army Recognition, „U.S. to deliver Raytheon NASAMS air defense systems to Qatar” https://www.armyrecognition.com/november_2018_global_defense_security_army_news_industry/u.s._to_deliver_raytheon_nasams_air_defense_systems_to_qatar.html (Letöltve: 2021.5.7.);
- [9] „STANAG-2413 Historical Revision Information” <https://www.document-center.com/standards/show/STANAG-2413/history/REVISION%204> (Letöltve: 2021.5.7.);
- [10] Rheinmetall, „MSP – Multi Sensor Platform” https://www.rheinmetall-defence.com/en/rheinmetall_defence/systems_and_products/c4i_systems/reconnaissance_and_sensor_systems/multi_sensor_platform/index.php (Letöltve: 2021.5.7.);
- [11] Air Power Blog, „Magyarországról Párizsban 2. – lérakos kínálat” https://legiero.blog.hu/2011/06/27/magyarorszagrol_parizsban_2_milesz_a_lerakkal (Letöltve: 2021.5.7.);
- [12] Military Technology, „AUSA 2015: Photographic Recap of the First Two Days” 2015.10.13 <http://www.miltechmag.com/2015/10/ausa-2015-photographic-recap-of-first.html> (Letöltve: 2021.5.7.);
- [13] Kelecsényi István, „A JAS-39C/D Gripen repülőgépek fegyverzete és modernizációs lehetőségei I. rész” *Haditechnika* 54, 4 sz. (2020): p. 36–40. <https://doi.org/10.23713/HT.54.4.08>;
- [14] Honvédelem.hu, „Hazánk is csatlakozott a NATO új projektjeihez”, 2020.10.23. <https://honvedelem.hu/hirek/hazank-is-csatlakozott-a-nato-uj-projektjeihez.html> (Letöltve: 2021.5.7.);
- [15] Honvédelem.hu, „Magyarország bővíti az együttműködést a Rheinmetall német védelmi ipari óriáscéggel” 2021.5.18. <https://honvedelem.hu/hirek/magyarorszag-boviti-az-egyuttmukodest-a-rheinmetall-nemet-vedelmi-ipari-oriasceggel.html> (Letöltve: 2021.5.25.).

JEGYZETEK

- 1 Tömböl László, Böcz Lajos, Juhancsik János, „A földi telepítésű légvédelem új vezetési rendszere” *Haditechnika* 55, 3. szám pp. 64–69. 2021. <https://doi.org/10.23713/HT.55.3.11>.
- 2 NASAMS: National Advanced Surface to Air Missile System – Nemzeti Fejlett Felszín-Levegő Rakétarendszer
- 3 1992-től a „honi”, illetve a „csapat” előtag már nem szerepelt a légvédelmi szervezetek megnevezésében [1; 175.o.]
- 4 A hatásos visszaverő felület az elektromos mérettől – adott frekvenciatartományban – a legtöbb céltárgy esetén erősen függ. Az elektromos méret a $k = 2\pi/\lambda$ hullámhosszával definiálható. [2; 32.o.]
- 5 Manőverező robotrepülő, személyzet nélküli program vagy távirányítású csapásmérő légi járművek. [5; a szerzők szakmailag kiterjesztett értelmezése szerint]
- 6 Légvédelmi rendeltetésű földi telepítésű, a felderítő, vezető-irányító és aktív tűzeszközök meghatározott földrajzi területen elhelyezett, egységes elgondolás szerint felépített és alkalmazott rendszere. [6; 117.o.; a szerzők módosított megfogalmazása szerint]
- 7 A rendszerhez kialakítottak egy ún. magas mozgékonyosságú (HUMWEE terepjáróra szerelt) indítóberendezést is, de ezt a változatot csak néhány vásárló ország választotta. [8]
- 8 AIM-120 AMRAAM C-7 integráció: a látóhatáron túli légi harcra alkalmas amerikai rakétát rendszeresítő országok a legújabb „C” változatot is alkalmazhatják a Gripen C/D-ken. [13; 40.o.]

HADITECHNIKA FOLYÓIRAT

A *Haditechnika* folyóirat korábbi számai megvásárolhatók:

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

1. ábra. A rendszert tartalmazó konténer szállító járműve a – szintén magyar fejlesztésű – Rába H-18 tehergépjármű (Fotó: Dóczi István)



Dóczi István*

Hazai modernizáció a Magyar Honvédség tábori mikrohullámú rendszerében

A Magyar Honvédség a vezetés és irányítás híradó, informatikai és információvédelmi támogatása érdekében híradó, informatikai és információvédelmi rendszert üzemeltet, amely az ország különböző pontjain található stacioner és tábori állomásból épül fel. Ez a hálózat a honi védelmi feladatok, és a szövetséges műveletek támogatására egyaránt alkalmas.

A XXI. század harcászati kihívásainak megfelelően a gyors és állandó hang- és nagy kapacitású adatkapcsolatok fenntartása stratégiai szempontból elengedhetetlen részét képezik a haderőnek, ezért 2016-ban megszületett egy digitális mikrohullámú mobil átjátszóállomás fejlesztésének gondolata, amelynek gyakorlati megvalósítását

hosszas szakmai előkészítő munkát követően a távközlés- és híradástechnikában jártas HM ArmCom Zrt. nyerte el. [1]

HADTÖRTÉNETI ELŐZMÉNYEK

A mikrohullámú földfelszíni rendszerek térhódítása az 1940-es évek végén, az '50-es évek közepén vette kezdetét, amikor a mikrohullámú erősítéstechnika II. világháború alatt kifejlesztett eszköztárának polgári alkalmazására lehetőség nyílt. Az első európai digitális rádiórelé-rendszereket a '60-as évek elején alkalmazták. A kezdeti – nemzeti sajátosságokra szabott – digitális rendszereket a széles

ÖSSZEFOGLALÁS: A tanulmány célja a digitális, mikrohullámú átjátszóállomás prototípusának megvalósításáról szóló tudósítás publikálása. Ez az eszköz szélsőséges körülmények között is képes átvenni – akár huzamosabb ideig is – egy megrongálódott vagy meghibásodott rádióállomás szerepét, vagy csomópontot alkotva kiterjeszteni a már meglévő hálózatot. A fejlesztés során számos komplex feladattal és megoldandó problémával szembesült a kivitelező, hiszen az eszköznek meg kellett felelnie a műszaki, katonai alkalmazási és harcászati követelményeknek is.

KULCSSZAVAK: RR-1/G, digitális mikrohullámú mobil átjátszóállomás, mikrohullámú átvitel, HM Armcom Zrt., rádiórelé

ABSTRACT: The purpose of this short study is to report on the implementation of a prototype of a digital microwave repeater station. This device can take over the role of a damaged or malfunctioning radio station, even in extreme conditions, or extend the existing network as a node. During the development, the contractor faced a number of complex tasks and problems to be solved, as the device had to meet the military – application – tactical – requirements as well.

KEY WORDS: RR-1/G, digital microwave mobile repeater station, microwave transmission, MoD Armcom Corp., radio relay

* Informatikus, HM ArmCom Zrt., Termelési Osztály. ORCID: 0000-0002-3587-9057



2. ábra. Az RR-1/G rádióreléállomás-konténer hátsó-oldalsó nézete (Fotó: Dóczi István)

körü nemzetközi szabványosítás, a kompatibilitásra való törekvés következtében a '60-as évek végén, a '70-es évek elején felváltották a PCM¹-rendszerek újabb és újabb technológiai generációival. A digitális és az analóg technika közötti verseny véglegesen a '80-as évek elején-közepén döntött el a digitális rendszerek javára. A technológiailag legfejlettebb országok már a '80-as évek végétől, a többiek pedig az 1990-es évek közepétől új, analóg mikrohullámú rádiórelé rendszereket már nem telepítettek. [2] [3]

TERVEZÉS ÉS KIVITELEZÉS

A tervezőgárda már a kezdeti fázisban számos komplex feladattal és megoldandó problémával szembesült, amelyek alapos tervezési munkákat igényeltek, hogy az eszköz készlet megfeleljen a pályázati kiírásban meghatározott műszaki, katonai alkalmazási és harcászati követelményeknek. Mind a gépészeti, mind az energetikai kivitelezések nagy körültekintéssel zajlottak, amelynek során elengedhetetlen volt a folyamatos konzultáció a belső és külső szakemberek között. [4] A magas színvonalú szakértelemnek köszönhetően egy olyan termék jött létre 2019-ben, amely a Magyar Honvédség elvárásainak megfelelően is alkalmazható, akár hazai, akár nemzetközi környezetben. [6]

A koncepció alapján két olyan terepjáró képességekkel rendelkező tehergépjármű alvázára szerelt, szabványos ISO 10 lábás konténerben elhelyezkedő digitális, mikrohullámú átjátszóállomás prototípusának megteremtése volt a cél, amely bármilyen körülmények között képes – akár huzamosabb ideig is – egy esetlegesen megrongálódott vagy meghibásodott állomás szerepének átvételére, vagy csomópontot alkotva, a már meglévő hálózat kiterjesztésére.

Az állomás tárolási hőmérséklet-tartománya: -35°C -tól $+70^{\circ}\text{C}$ -ig, míg üzemeltetési környezeti hőmérséklet-tartománya: -25°C -tól $+50^{\circ}\text{C}$ -ig terjed.

A rendszer egy speciális, a székesfehérvári székhelyű VT-Rendszertechnika Kft. szakembereivel közösen kialakított, 10 lábás konténerben kapott helyet. Az egyedi tároló eszközt egy Rába H-18-as tehergépjármű konténerszállító rakfelületén helyezték el. A tehergépjármű kiválasztásánál fontos szerepet kapott a teherbírás és a terepjárási képesség, így esett a választás a H-18-as bázisjárműre. A mechanikai kialakítás során figyelembe kellett venni a súlyeloszlást, a tereptulajdonságoknak történő megfelelést, az informatikai eszközök mechanikai védelmének kialakítását, és nem utolsósorban, az ergonómiát. Az energetikai kivi-



3. ábra. A mikrohullámú rádiórelé antennái az árbócokra rögzítve (Fotó: Dóczi István)

telezés során elvárás volt, hogy a felépítményen elhelyezkedő csökkentett zajkibocsátású aggregátor a helyi eszközök kiszolgálásán túl, képes legyen áttáplálni akár egy másik állomást is. Fontos tényező volt, hogy a járműfelépítményen elhelyezett, automatikus kitolású, megerősített antenaárbcok képesek legyenek elviselni fokozott szélterhelést is. Összességében a konténer kialakítása során előzetesen számos olyan tényezőt kellett szem előtt tartani a fejlesztőmérnököknek, amelyek alapjaiban határozták meg a további lépéseket.

A munkatérre és gépészeti térre felosztott konténerben egy csendes, dízelüzemű, 18 kW elektromos teljesítmény leadására képes aggregátor kapott helyet, amely szélsőséges körülmények között, hosszú távon is alkalmas stabil áramellátás biztosítására a munkatérben elhelyezett berendezések és kapcsolódó informatikai eszközök számára.

A gépészeti térben található a munkatér hűtését biztosító klímaberendezés kültéri egysége, valamint a szükséges szerszámok és egyéb kiegészítő kellékanyagok is. A könnyű szervizelés érdekében a géptér külön helyiséget képez a konténeren belül, minden tekintetben elválasztva a munkatértől.

A munkatér hermetikus ajtón keresztül, létra segítségével közelíthető meg. A kiszolgáló személyzet megfelelő munkakörülményeit egy telepített munkaasztal, klímaberendezés és fűtőberendezés biztosítja, míg védelmükről automata tűzoltóberendezés, álcafény, ABV²-szűrővel kombinált légtechnikai berendezés gondoskodik. A munkatérben két rackszerkényben található az eszközkészlet „lelke”. A berendezés energetikai ellátását az energetikai rackszerkény, míg a kommunikációs eszközök elhelyezését az informatikai rackszerkény biztosítja. Az energetikai szerkénybe telepítették a komplexum tápellátásért (külső, aggregá-





4. ábra. A HM ArmCom Zrt. mérnökei az antennák helyes rögzítésének módját demonstrálják a kezelőállomálynak (Fotó: Révész Csaba)

toros vagy akkumulátoros) felelős kapcsolókat, megszakítókat és konvertereket, innen vezérelhető az aggregátor is, amelynek üzemanyagszintje folyamatosan figyelemmel kísérhető egy üzemanyagszint-visszajelző műszer segítségével.

Az informatikai szekrényben található tűzfal, router és a 2 darab switch a folyamatos és biztonságos adat- és hangkapcsolatokért felel, amelyek konfigurálásában az Enterprise Group az innovatív informatikai és infokommunikációs szolgáltatások és megoldások egyik vezető hazai rendszerintegrátorának munkatársai közreműködtek. Itt kaptak helyet a Totaltel Távközléstechnikai Kft.³ által biztosított nagy sebességű mikrohullámú berendezések belső egységei is, valamint a konténer oldalához rögzített árbócok távvezérlő egységei. A rendszer folyamatos tápellátásáról a szekrény alsó részén elhelyezett szünetmentes tápegység gondoskodik, amely a betáplálási oldalon lévő feszültségkiesés esetén képes az állomás több órán ke-

resztül történő folyamatos üzemének biztosítására. A könnyű csatlakoztathatóság érdekében a konténer két oldalán két panelt helyeztek el, amelyek egyike a különböző hálózati tápfeszültséggel történő betápláláshoz szükséges csatlakozókat tartalmazza, míg a másik panel a kültér felé történő optoelektronikai kapcsolatokért, valamint a mikrohullámú relé külső egységével történő összeköttetésért felel.

A TDR-M-V4-5⁴ tábori mikrohullámú rádióberendezés gyorsan telepíthető, fix összeköttetés létesítésére szolgál, amely képes Ethernet technológiát alkalmazó hálózati elemek közötti transzparens adatátvitelre, valamint az E1 interfészek közötti jelátvitelre. A berendezések a 4400–5000 MHz frekvenciasávban működnek, a teljes sávot átfogják, a működési frekvencia 125 kHz-es lépésközzel állítható. A folytonos kétirányú kommunikációt a frekvenciaosztású duplex módtól (FDD)⁵ eltérően időosztású duplex módban (TDD)⁶ valósítja meg, adásra és vételre ugyanazt a frekvenciát használva, választhatóan 14 vagy 28 MHz csatorna sávzélességgel. A berendezés többféle modulációs módban, 4-8-16-32-64-128 állapotú átvitelrel használható, átviteli sebessége a modulációs módtól függően 17-26-35-43-52-61 Mbit/s (28 MHz sávzélesség esetén), ami a TDD-funkciónak köszönhetően az alkalmazás során duplázódik.

A berendezés RF-jellemzői (csatornafrekvencia, adóteljesítmény, automatikus adószint-szabályozású /ATPC7/-működés), valamint működési módja (moduláció, E1 interfészek száma, Ethernet-sebességek beállítása) a berendezéshez csatlakoztatott személyi számítógép segítségével szoftveresen konfigurálható.

A tábori mikrohullámú berendezések segítségével adatátviteli vagy E1 távközlési forgalom ágaztatható le a stacioner hálózattól valamely állomásáról. A stacioner hálózatról leágazó tábori mikrohullámú összeköttetések berendezései beköthetők a stacioner hálózat hálózatfelügyeleti központjába és az MXMSS⁸ távfelügyeleti rendszer központi gépén felügyelhetők.

A berendezések osztott kivitelűek, az antennával egybeépíthető kültéri egységből (ODU) és beltéri egységből

1. táblázat. Néhány fontosabb rádiórelé főbb műszaki paramétereinek összehasonlítása (A szerző szerkesztése gyári katalógusadatok alapján)

Gyártó	Totaltel	Transbit	Kongsberg
Származási hely	Magyarország	Lengyelország	Norvégia
Típus	TDR-M-V4	R-460S	RL542A
Sáv [GHz]	4,4 – 5	4,4 – 5	4,4 – 5
Max. sávzélesség [MHz]	56	28	NA
Max. kapacitás (64QAM) ¹⁰ [Mbit/s]	102	(max. 100)	100
Ptx (64QAM) [dBm]	24	(max. 34)	29
Vrx (64QAM) [dBm]	-65	NA	-76
Technológia	TDD v. FDD	FDD	FDD (75 MHz)
Üzemi feszültség	23–60 V v. 230 V	22–54 V v. 230 V	19/60 V
Működési hőmérséklet-tartomány	-40 – +50 °C	-30 – +50 °C	-40 – +60 °C
Frekvenciastabilitás	±5 ppm ¹¹	±5 ppm	±5 ppm
Moduláció (QAM)	4, 8, 16, 32, 64, 128	16, 64, 128	4, 16, 64
Beltéri egység tömege (kg)	8	kb. 12	–
Kültéri egység tömege (kg)	5	kb. 4	14



5. A konténer oldal falán található informatikai csatlakozópánel részének bemutatása (Fotó: Révész Csaba)

(IDU⁹) állnak, amelyeket maximálisan 300 m hosszúságú koaxiális kábel köt össze. Az ODU-hoz csatlakozó standard antenna 0,6 m átmérőjű parabolaantenna. A berendezések 30–60 V DC egyenáramú táplálásúak.

A TDR-M-V4-5 tábori mikrohullámú rádióberendezések robusztus mechanikai kivitele biztosítja a szállíthatóság és a könnyen kezelhetőség feltételeit. A berendezés kültéri eszközei lehetővé teszik az összeköttetés működését –40 °C és +55 °C közötti hőfoktartományban, 100%-os páratartalom mellett. A beltéri egység környezeti feltételei: –10 °C és +45 °C közötti hőfoktartomány, és max. 80%-os páratartalom.

A HM ArmCom Zrt. 2018-ban előzetes piackutatást végzett a kereskedelemben fellelhető ismertebb gyártók rádiórelével kapcsolatban. A kutatás eredményeit a MH illetékeseivel egyeztetve, több értékelési szempont figyelembevételével három gyártó termékére szűkítették a résztvevők, amelyek a norvég Kongsberg, a lengyel Transbit valamint a fentiekben ismertetett magyar fejlesztésű Totaltel relé. Az eszközök fontosabb műszaki paramétereinek összehasonlítását az 1. táblázat tartalmazza.

A táblázatból kiolvasható, hogy az összehasonlítási szempontrendszer eredményeiben számos érdemi különbség nem mutatkozott a hazai és a külföldi fejlesztésű relék között. Sávszélességben, hatékonyságban, sebességben és stabilitásban közel azonos eredményekkel szolgálnak az eszközök. A hazai védelmiipari fejlesztés szempontrendszerének figyelembevételével, a támasztott igények alapján, a Totaltel által fejlesztett relé bizonyult a legalkalmasabbnak.

Ugyancsak a rendszer részét képezi állomásonként 5 db megerősített kivitelű Dell Latitude 5424 Rugged notebook és Aqeri 96400 IP-telefon is, amelyek a kiszolgáló személyzet munkáját segítik a folyamatos kapcsolattartásban. Az informatikai rendszer teljes funkcionalitáshoz szükséges külső optikai és rézkábelek a konténer és a vezetőkábel között, zárható fémszekrényekben kaptak helyet.

ÖSSZEGRÉS

A RR-1/G (P) komplexum rendszerként történő mobilizálhatósága, a mikrohullámú hálózat üzemeltethetőségének és kihasználásának tekintetében olyan hozzáadott stratégiai értéket képvisel a honvédelemben, amely méltó helyet kell, hogy kapjon a fejlesztési irányvonalak között. Az esz-



6. ábra. Grócz Olivér fejlesztő-tervező gépészmérnök az árbócok kitolását és az antennaforgatók működését ismerteti (Fotó: Révész Csaba)

közrendszer átadását követően az oktatások és csapatpróbák során számos pozitív visszajelzés érkezett az alakulatok részéről, amelyek nagyban segítettek a tervezőgárdát a termék továbbfejlesztésében. [6]

A Zrínyi Honvédelmi és Haderőfejlesztési Programban meghatározott alapelvekben szereplő korszerű eszközökkel felszerelt, modern technológiákat alkalmazó és nemzetközi viszonylatban is használható eszközök beszerzése és gyártása az elmúlt évek során fokozatosan erősödő szerepet kapott Magyarországon. A modernizáció egyik fontos állomását jelenti a fentiekben bemutatott RR-1/G (P) komplexum sikeres megtervezése és gyártása. Mind a gépészeti, mind az energetikai kivitelezések nagy körültekintéssel zajlottak, bevonva a VT-Rendszertechnika Kft. és a Totaltel Távközléstechnikai Kft. szakembereit is. A stacioner hálózatról leágazó tábori mikrohullámú összeköttetések berendezései beköthetők a stacioner hálózat hálózatfelügyeleti központjába is, így módon a távfelügyeleti rendszer által felügyelhetők. Az így elért eredményben külön üdvözlendő, hogy a fejlesztés csaknem teljes egésze a hazai mérnökök munkájának eredménye.

Úgy a megrendelő, mint a tervező és kivitelező csapat is reméli, hogy a két prototípus megalkotása csak a kezdeti lépés volt annak irányában, hogy az olyan – közel 30 éves tapasztalattal rendelkező – hadiipari vállalatok, mint a HM ArmCom Zrt., valamint a HM Currus Zrt. újra lehetőséget és aktív szerepet kapjanak a magyar hadiipar fejlesztésében.



HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Révész Béla, „Az elgondolástól a beszerelésig” Honvédelem.hu 2020. 10. 7. <https://honvedelem.hu/hirek/az-elgondolastol-a-beszeresig.html> (Letöltve: 2021.4.22.);
- [2] Fekete Károly, *A Magyar Honvédség állandó telepítésű kommunikációs rendszere továbbfejlesztésének technikai lehetőségei* PhD értekezés Bp.: ZMNE 2003. <https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/11952/Teljes%20sz%20sz%20F6veg1.pdf?sequence=1> (Letöltve: 2021.4.20.);
- [3] Somogyi András, Kántor Csaba, „Mikrohullámú rádiórelé rendszerek: jelen és jövő” *Híradástechnika*, 41. évf., 7–8. szám (1990) https://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/1990/07-08/1990_0708_02.PDF (Letöltve: 2021.4.15.);
- [4] Pándi Balázs, *A tábori hírendszerek vizsgálata az alkalmazhatóság hatékonyságának növelése érdekében* PhD értekezés Budapest: ZMNR KMDI 2009. <https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/12161/ertekezes.pdf?sequence=1> (Letöltve: 2021.4.20.);
- [5] Gyimóthy Levente, „Élesben is bevetették a magyar fejlesztésű rádiórelét Székesfehérváron” Honvédelem.hu 2020. 9. 9. <https://honvedelem.hu/hirek/elesben-is-bevetettek-a-magyar-fejlesztesu-radiorelet-szekesfehervaron.html> (Letöltve: 2021.4.22.);

- [6] Gyimóthy Levente, „Az új magyar rádiórelé használatát gyakorolták” Honvédelem.hu 2020. 9. 17. <https://honvedelem.hu/hirek/az-uj-magyar-radiorele-hasznalatat-gyakoroltak.html> (Letöltve: 2021.4.22).

JEGYZETEK

- 1 PCM – Pulse Code Modulation (Impulzuskód moduláció). A beszédátvitelben az analóg jelek digitális átviteli közegen történő továbbítására használják.
- 2 ABV – atom, biológiai, vegyi.
- 3 <http://www.totaltel.hu/>.
- 4 TDR – Totaltel Flexibilis Digitális Rádióberendezés család tagjai 2x2 Mbit/s-tól 2x(34+2) Mbit/s-ig terjedő sebességű digitális jelek továbbítására, vagy Ethernet hídként lokális hálózatok összekapcsolására szolgálnak.
- 5 FDD – Frequency Division Duplexing (Frekvenciaosztásos duplex átvitel).
- 6 TDD – Time Division Duplexing (Időosztásos duplex átvitel).
- 7 ATPC – Automatic Transmit Power Control (Automatikus adóteljesítmény-szabályozás).
- 8 MXMSS – Mobile PCI Express Module Signal Service.
- 9 ODU – Outdoor Unit, IDU – Indoor Unit (kültéri-beltéri egység).
- 10 QAM – Quadrature Amplitude Modulation (kvadratura amplitúdómoduláció).
- 11 ppm – Parts per million (Az egész rész milliomod része).

Elhunyt prof. dr. Halász László ezredes

(1941–2021)

Életének 81. évében elhunyt Halász László nyugállományú ezredes, az MTA doktora, a Haditechnika folyóirat rendszeres szerzője és lektora. Halász professzor úr az elmúlt három évtizedben számos tanulmányt publikált lapunk hasábjain. Munkáinak fókuszában elsősorban a vegyvédelem állt. A Haditechnikában többek között a mérgező harcanyagok legkorszerűbb laboratóriumi kimutatói és meghatározási módszereiről (1992/4.), a Haditechnikai Intézet által fejlesztett vegyi távfelderítő berendezésekről (1993/1.), a vegyvédelem hazai történetének kutatómunkájáról (1996/3.), a vegyi- és biológiai védelem Egyesült Államokban folytatott fejlesztési irányairól (2000/4.), valamint a klímaváltozás kihívására adott válaszként a harcjárművek ABVR-vedelmének javításáról (2013/3.) közölt cikkeket szerzőként, illetve társszerzőként.



Halász László 1941. április 30-án Budapesten született. Felsőfokú tanulmányait a Budapesti Műszaki Egyetem vegyészmérnöki karán végezte, majd ugyanott környezetvédelmi szakmérnöki diplomát szerzett. Műszaki doktori értekezését 1968-ban védte meg, 1976-ban a kémia tudomány kandidátusává nevezték ki, 1991-ben a kémia és a hadtudomány doktorává avatták. 1964-től dolgozott a Magyar Néphadseregben, előbb a Vegyvédelmi Anyagátvételi Osztály átvívő főtisztjeként, majd

1967-től a HM Haditechnikai Intézet tudományos kutatójaként. 1983-ban a tudományos osztály vezetőjévé nevezték ki, ebből a beosztásából vonult nyugállományba.

A felsőoktatási munkával 1973-ban jegyezte el magát, 1998-tól a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem oktatója volt. 2002-ben részt vett a Katonai Műszaki Doktori Iskola alapításában, 2003-tól négy esztendőn keresztül vezetőként irányította annak munkáját. 2004 és 2005 között a ZMNE Vegyvédelmi Tanszék tanszék-vezetője volt. A katasztrófavédelmi

menedzser szak megindulásával kidolgozta annak szakalapozó tantárgyait. 2011-től viselte a professzor emeritus címet. 1985-ben választott tagja lett a Magyar Tudományos Akadémia Kémiai Tudományok Osztálya, Analtikai Kémiai, Kolloidkémiai és Műanyagfizikai Munkabizottságainak. Számos magyar és nemzetközi elismerésben részesült. 2000-ben elnyerte a Széchenyi Professzori Ösztöndíjat.

Dr. Halász László Professzor Úr a vegyvédelmi szakterület doyenjeként generációkat oktató katonai környezetbiztonságra. Cikkeivel, tanulmányaival a Haditechnika olvasótáborának is minden alkalommal a korának legkorszerűbb ismereteit nyújtotta át.

Emlékét őrzik egykori kollégái, tanítványai, és szerkesztőségünk munkatársai.

Dr. Hlavicka-Laczák Lili Eszter* – Dr. Hlavička Viktor** – Prof. dr. Károlyi György*** –
Dr. Hajdú Ferenc**** – Dr. Salem Georges Nehme***** – Vozsech István*****

Betonszerkezetek károsodása lövedékbecsapódás hatására I. rész

REPÜLŐGÉP-BECsapódás hatása a robusztus betonszerkezetekbe

A modern atomerőművek védelmének egyik legfontosabb mérnöki gátja a konténment. Ez egy vastag, robusztus betonszerkezet, amely hermetikusan zárja körbe az atomerőmű legfontosabb berendezéseit, egyrészt megvédve a benne elhelyezkedő berendezéseket a külső hatásoktól, másrészt légmentesen elzárva azokat a külvilágtól egy esetleges szivárgás esetén, amennyiben a többi mérnöki gát megsérül. A mai nemzetközi és hazai előírások alapján ennek a gyakran több méter vastag betonfalnak ellen kell állnia egy nagy méretű utasszállító repülőgép vagy nagy sebességű katonai repülőgép becsapódásából keletkező terheléseknek is úgy, hogy az építmény légmentessége megmaradjon.

Egy repülőgép robusztus betontárgynak (pl. atomerőmű konténmentjének) ütközése során elsőként – valószínűleg – a becsapódó repülőgép orra éri el a céltárgyat. A fellépő hirtelen lassulás hatására a tehetetlenségi erő letépi a hajtóműveket, amelyek külön lövedékként csapódnak neki a céltárgynak. A gép törzse az ütközés során sokkal nagyobb alakváltozásokat szenved, mint a betonból készült céltárgy, a törzs gyakorlatilag felmorzsolódik az ütközés során. Eközben addigi impulzusát átadja a célszerkezetnek, amely így mozgásba jön, így a közben fellépő globális hatásokra kell méretezni a szerkezetet (felborulás, a szerkezet egészét vagy nagy részét érő igénybevételek stb.). Az ilyen jellegű ütközést *puha ütközésnek* nevezzük, mivel a lövedék sokkal puhább a céltárgynál. Ezzel szemben a

sokkal merevebb, keményebb hajtóművek a konténmentbe csapódva elsősorban lokális roncsolódást okoznak (behatalás, repedések keletkezése, leválások, átfúródás stb.). Mivel az ilyen típusú ütközések során a lövedék keménysége jelentősen meghaladja a céltárgy anyagának ellenálló-képességét, ezért ezt a típust *kemény ütközésnek* nevezzük. Jelen tanulmányban ilyen kemény ütközések kísérleti vizsgálatával foglalkozunk.

Egy, az Amerikai Egyesült Államokban végzett kísérlet-sorozaton [4, 5, 6] kívül nem ismert publikusan elérhető eredmény olyan kísérletsorozatról, amely ilyen nagy, repülőgépnek, illetve annak hajtóművének megfelelő méretskálán vizsgálta volna lövedék betonfalnak ütközését. Ezért betonszerkezetek repülőgép-becsapódásból eredő terhelésének tervezése során rendszerint empirikus és félempirikus képleteket alkalmaznak [3]. Az ismert képletek rendszerint vagy azt adják meg, hogy adott paraméterekkel (pl. méret, geometria, sebesség) rendelkező lövedék milyen mélyen hatol be egy adott paraméterekkel (pl. szilárdság) rendelkező tömör céltárgyba (ez a behatolási, vagy penetrációs mélység), vagy azt, hogy milyen vastag az a céltárgy, amin még éppen nem tud áthatolni az adott lövedék (ez az átfúródási, vagy perforációs határvastagság).

A szakirodalomból ismert képletek általában kisebb skálájú lövedékek esetén elvégzett mérésekből származnak, és rendszerint nem jól dokumentáltak az alkalmazhatóságuk határai. Egy korábbi cikkben [1] megtörtént ezen képletek részletes összehasonlítása, amely arra a következtetésre vezetett, hogy a lövedék becsapódási sebes-

ÖSSZEFOGLALÁS: A 2001. szeptember 11-i terrortámadás óta a kiemelt építményeket megnövekedett biztonsági elvárások mellett szükséges tervezni. Ez az előírás az újonnan épített nukleáris létesítményekre, köztük a Paks II. atomerőmű-beruházásra is vonatkozik. Ezen megnövekedett biztonsági igények meghatározásak, hogy a tervezett atomerőmű konténmentjének ellen kell állnia egy repülőgép-becsapódásnak is. Ilyen léptékű ütközés során igen sokféle extrém terhelés éri az építményt, kezdve a géptörzs felmorzsolódásától, a leszakadó hajtóművek behatolásán át, a kiömlő hajtóanyag berobbanásáig. Kevés ilyen skálájú kísérlet eredménye ismeretes, ezért a tervezés során nagy szerep jut egyrészt az elméleti megfontolásoknak és numerikus vizsgálatoknak, másrészt különféle tapasztalati képletek alkalmazásának. A számítások validálásához azonban szükség van megbízható mérési eredményekre. Sajnálatos, hogy a szakirodalomban fellelhető eredmények érvényességi köre nincs kellően körülhatárolva, ezért a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és a Magyar Honvédség Modernizációs Intézet együttműködésében lőtéri tesztek segítségével vizsgáltuk a lövedék becsapódásának és a beton minőségének a hatását beton céltárgyak károsodására.

KULCSSZAVAK: ballisztikai fegyver, ballisztikai puska, ipari ágyú, betonszerkezet, Paks II., védett objektum

ABSTRACT: From the terror-attack of September 11, 2001, the design of new high-priority buildings demands improved safety requirements. This applies to newly built nuclear facilities, including the Paks 2 major investment. These increased safety requirements require that the reactor containment of the planned nuclear power plant must also resist significant aircraft collisions. During such a large collision, a wide range of extreme encumbrances load the structure, from the crushing of the fuselage, the penetration of the detached engines, to the explosion of the leaking propellant. Only a few results of such experiments are known, therefore, theoretical considerations and numerical studies play important roles, as well as the application of various empirical formulas during the design. However, reliable measurement results are required to validate the calculations. Unfortunately, the scope of the results found in the literature is not sufficiently defined, so in a cooperation the Budapest University of Technology and Economics and the Hungarian Army Institute for Modernization was investigated the damage of concrete targets as a function of projectile velocity and concrete quality.

KEY WORDS: ballistic gun, industrial gun, concrete structure, Paks 2, protected facility

* Egyetemi adjunktus, BME Hidak és Szerkezetek Tanszék. ORCID: 0000-0002-8435-3764

** Egyetemi adjunktus, BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék. ORCID 0000-0001-5435-4400

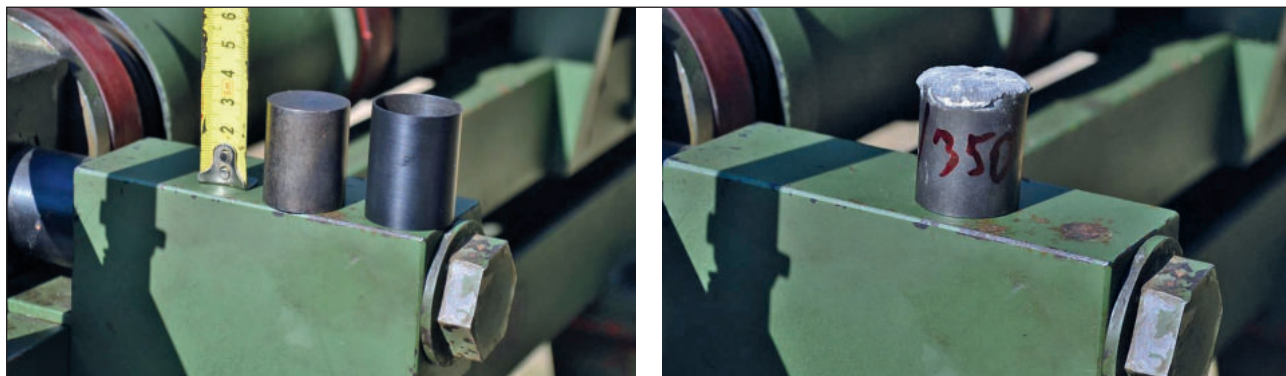
*** Egyetemi tanár, az MTA levelező tagja, BME Nukleáris Technikai Intézet. ORCID: 0000-0002-1021-9554

**** Egyetemi docens, NKE HHK Haditechnikai Tanszék. ORCID 0000-0003-0449-7678

***** Egyetemi docens, tanszékvezető, BME Építőanyagok és Magasépítés Tsz. ORCID 0000-0003-4729-5048

***** Gépészmérnök, Magyar Honvédség Anyagellátó Raktárbázis. ORCID: 0000-0001-9818-7755





1. ábra. Az alkalmazott lövedék használat előtt és 350 m/s-os becsapódás után

ségének és egyéb paramétereknek különböző tartományokban más-más képletek lehetnek alkalmazhatók, egyik képlet sem alkalmas a károsodás megfelelő előre jelzésére a lehetséges paraméterek minden tartományában. Numerikus szimulációk segítségével egy olyan formulát is javasol ez a tanulmány, amely skálafüggetlen, azaz nem az egyes paraméterek mértékegységgel leírt értékétől függő eredményeket ad, hanem a behatolási mélység és az átfúródási határvastagság értékét a lövedék és a céltárgy paramétereinek mértékegység nélküli kombinációi függvényében adja meg. Skálafüggetlenségük miatt a javasolt képletek a lehetséges paraméterértékek egy szélesebb tartományában adhatnak használható eredményt, erre utalnak numerikus szimulációkkal és korábbi mérésekkel való összevetések is.

Nagy szükség van azonban olyan mérési eredményekre, amelyek jól dokumentált módon tudják az elméleti becsléseket alátámasztani, a [1] tanulmányban javasolt képleteket kísérletileg is alátámasztani. Egy korábbi vizsgálat során a betonban elhelyezett adalékanyag típusának hatását vizsgáltuk lőtéri tesztek során [1]. Most a beton szilárdságának és a lövedék sebességének hatását vizsgáltuk beton céltárgyak roncsolódására, lőtéri tesztek során.

A LŐTÉRI VIZSGÁLATOK ELŐKÉSZÍTÉSE

A kísérleteket, ahogy azok előzményeit [2] is, a Magyar Honvédség Modernizációs Intézet Kutatás-Fejlesztési Igazgatóság Lőkísérleti Vizsgáló Osztályánál, Táborfalván végeztük el. Korábbi tesztjeink során [2] betontáblák lövészes vizsgálatának első fázisaként pisztolyból és 12-es kaliberű sima csövű puskából kilőtt vizsgálólövedékeket alkalmaztunk. Az első vizsgálati fázist követően merült fel az igény, hogy nagyobb lövedékek alkalmazásával szisztematikusan vizsgáljuk a betontáblák ellenállását.

A LÖVEDÉKEK ADATAI

A lövedék átmérőjét és tömegét előzetes számításaink alapján választottuk ki, a Laczák – Károlyi [1] tanulmány alapján. A lőtéri kísérletek során a tervezett lövedék-becsapódási sebességeket úgy választottuk meg, hogy a kisebb szilárdságú betoncéltárgy esetén a legnagyobb sebességű lövedék közel kerüljön az átfúródáshoz, de alacsonyabb becsapódási sebességek esetén a kisebb szilárdságú beton céltárgy csak minimális sérülést szenvedjen. Ezen megfontolások alapján kísérleteink során közel merev testként viselkedő, hozzávetőlegesen 28 mm névleges átmérőjű és 169,2 g elméleti tömegű szénacél vizsgálólövedékeket

alkalmaztunk, a tervezett becsapódási sebességek tartománya 100–400 m/s tartományba esett. A céltárgyakat hét különböző tervezett becsapódási sebesség (100 m/s, 150 m/s, 200 m/s, 250 m/s, 300 m/s, 350 m/s és 400 m/s) esetén vizsgáltuk. A lövedékek becsapódása a céltárgy felületére merőlegesen történt, táblánként három tervezetten azonos sebességű lövéssel.

A kemény vizsgálólövedéket az alkalmazott károsodási modell (*kemény ütközés*) követelte meg, a lövedékek keménységét külön laboratóriumi mérésekkel ellenőriztettük. Az 1. ábra mutatja a lövedéket eredeti állapotában, illetve becsapódás után. Megállapítható volt, hogy a lövedék roncsolódása elhanyagolható volt a beton céltárgy roncsolódásához képest.

A BETON CÉLTÁRGYAK KIALAKÍTÁSA

A beton anyagú céltárgyak 12 cm vastag, 70×70 cm felületű (a szállítás és mozgatás megkönnyítése érdekében gyenge vasalást, vagyis elő és hátlapi, mind a két irányban 4 mm átmérőjű, 5 cm kiosztású acélháló tartalmazó) betontáblák voltak. A céltárgyak mozgatása így még lehetséges volt a lőtéri tesztek során, de a céltárgy vastagsága lehetővé tette viszonylag széles sebességtartományba eső becsapódások vizsgálatát. A céltárgy kiterjedése a becsapódások többsége esetén elegendő volt ahhoz, hogy a céltárgy peremének hatása elhanyagolható legyen. Annak érdekében, hogy a betoncéltárgyak anyagi jellemzőinek és a becsapódási sebességnek a hatását vizsgálni tudjuk, négyféle, eltérő szilárdságú céltárgy készült a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék laboratóriumában (2. ábra). Egy

2. ábra: Betontáblák készítése, (a) előkészített acélsablonok; (b) sablonok feltöltése



receptúrából 7 db betontáblát (cél tárgyat), és a különféle szilárdsági vizsgálatokhoz több kisebb próbatestet is készítettünk, ügyelve arra, hogy mindegyik próbatest és tábla egy azon keverésből készüljön (egy-egy receptúrából így közel 1 m³ keverék készült). A kisebb próbatesteket elkészültük után 7 napon keresztül víz alatt, majd utána a vizsgálatokig laboratóriumi körülmények között táruztuk (szokványos vegyes tárolási eljárás). A betontáblák nagy mérete nem tette lehetővé a víz alatti tárolást, ezért a táblákat az első 7 napban a sablonban tartva, a szabad felületet vizes szövet hulladékkal letakarva akadályoztuk meg a cement hidratációjához szükséges víz elpárolgását. A keverékek szilárdsági tulajdonságait az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat. A vizsgált betonkeverékek szilárdsági értékei a szabványos 28 napos állapotban, illetve a lőtéri vizsgálatkor (A szerzők szerkesztése)

Jel	Minősítés	28 napos		Lőtéri vizsgálatkor
		Nyomószilárdság [N/mm ²]	Hajlító-húzószilárdság [N/mm ²]	Nyomószilárdság [N/mm ²]
IA	C30/37	40,03	4,99	50,30
IB	C30/37	39,70	5,56	49,07
II	C35/45	51,70	8,59	59,24
III	C55/67	68,31	7,25	73,39

A VIZSGÁLÓFEGYVER KONSTRUKCIÓS ELŐTERVEZÉSE

A vizsgálófegyver kialakítását tekintve két lehetőség közül választhattunk. Vagy valamely létező fegyvert alakítunk át, vagy megtervezünk és megépítünk egy ennek a vizsgálatnak a végrehajtásához optimális mérőfegyvert. Mivel a vizsgálólövedékek előre meghatározott sebességgel, tömeggel, ebből következően kinetikus energiával kellett rendelkezzenek, és ezen energiataromány úgy felső, mint alsó határa a szokásos 30–40 mm-es (gép)ágyúlövedékek torkolatienergia-szintjétől lényegesen kisebb, valamint létező fegyver módosítása visszafordíthatatlan átalakításokkal járt volna az alapfegyverre nézve, ezért egy, – a feladat végrehajtásához optimalizált, és nem utolsósorban költségekre minimalizált – fegyver tervezése mellett döntöttünk. Elsődleges koncepciónk volt, hogy a polimer csészébe ágyazott lövedéket a csőszáj felől töltjük be a huzagolatlan fegyvercsőbe, amely a töltényűrt tartalmazó tömb véglapján felütközik, majd a töltényűrbe illesztjük a hajlítóöltetet tartalmazó szabványos csappantyúzott hüvelyt, amelyet UZs-rendszerű ballisztikai puskából átvett zártömbbel lezárunk. Így a szóba jöhető kaliberek a 12,7×107 mm-es szovjet, vagy a 12,7×99 mm-es amerikai (.50 BMG¹) lehet, esetleg betétezással kisebb kaliberek.

AZ ÉGÉSTÉR TERVEZÉSE, A VIZSGÁLÓLÖVEDÉK PARAMÉTEREI

A lövedékek átmérője 28 mm, hosszukat 35 mm, anyaguk egységesen C45 acél² lett, amelynek számított tömege 169 g. A kívánt becsapódási sebességek rendre a következők voltak: 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 m/s. A legnagyobb elérendő lövedékenergia 400 m/s becsapódási se-

besség esetén adódik, amelyet 10–15 méteren elhelyezett céltárgyon kell elérni, így a legnagyobb torkolati sebesség hozzávetőlegesen 410 m/s. A minimálisan szükséges hüvelytér fogat innentől kezdve már kiszámíthatóvá vált, amely számítását alább részletezzük. A fegyvercső, kialakítását tekintve huzagolatlan simacsövű. Ebből löjük ki a stabilizálatlan, poliamid csészébe ültetett lövedéket, de megtartva azt a lehetőséget is, hogy a lövedéket szárnyakkal látjuk el, ha ez szükségessé válik. Mindezeket a lövedéktömeget növelő összetevőket számításaink során figyelembe vettük, így az energetikai számítások alkalmával 200 g lövedéktömeggel kalkuláltunk, valamint 35%-os körfolyamat-hatásfokkal. A valóságos hatásfok ennél valamivel magasabb, de az előszámítások során a hatásfok alulról történő becslése biztonsági tartalékot ad a hüvelytér fogatunknak. Az előszámításokhoz szükséges löporjellemzők az ömlesztett sűrűség, valamint az égéshő, ezeket 900 kg/m³, valamint 4200 kJ/kg értékkel vettük számításba. A számításokat az alábbiak szerint végeztük:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m_{löv} \cdot v_{max}^2 = \frac{0,2 \cdot 410^2}{2} = 16\ 810 \approx 16,8 \text{ [kJ]},$$

$$E_{lőpor} = \frac{E_{kin}}{\eta_{lövés}} = \frac{16,8}{0,35} = 48 \text{ [kJ]},$$

$$m_{lőpor} = \frac{E_{lőpor}}{Q_{lőpor}} = \frac{48}{4200} \approx 11,4 \text{ [g]},$$

$$V_{min} = \frac{m_{lőpor}}{\rho_{ömlesztett}} = \frac{0,0114}{900} \cdot 10^6 \approx 12,7 \text{ [cm}^3\text{]}.$$

A minimálisan szükséges szabad hüvelytér fogat tehát 12,7 cm³-re adódott, amely kisebb, mint a .50 BMG, vagy a 12,7×107 hüvely szabad térfogata. Kézenfekvőnek látszott, hogy a szovjet kalibert válasszuk, mivel a zárszerkezet is ehhez a kaliberhez készült, de a töltényűr kialakításához szükséges rajzdokumentációk nem álltak rendelkezésünkre, valamint csappantyúzott hüvely kinyeréséhez pánccéltörő-gyújtó löszert kellett volna szétszerelni. A .50 BMG kaliberű löszerekből rendelkezésre állt FMJ típusú³, szétszerelés tekintetében veszélytelen löszertípus, valamint CIP szerinti⁴ dokumentáció úgy töltényűrre, mint ellenőrző idomszerekre, ezen kívül szükség esetén a csappantyúzott hüvely mindkét alkateleme könnyen beszerezhető. Választásunk tehát az amerikai kaliberre esett, az esetleges üritési problémákat pedig a hüvelyvonó cseréjével, vagy az előlött hüvely csőszáj felőli kitolásával szándékoztuk megoldani.

BALLISZTIKAI TERVEZÉS

A ballisztikai tervezés során meghatároztuk, hogy az egyes sebességértékek eléréséhez milyen típusú és mennyiségű löportöltet alkalmazása szükséges. A rendszerparaméterek felvétele után szimulációs szoftver segítségével kiszámítottuk az egyes sebességértékekhez tartozó löportöltet-tömeget, a löporjellemzőket pedig létező és raktáron lévő löporok tulajdonságaival vettük azonosnak. A számítások során megállapítást nyert, hogy az optimális nyomásviszonyok eléréséhez élénk pisztolylőporok használata szükséges, egyrészt a .50 BMG hüvely magas szabad térfogata, másrészt a 30 mm-es csőátmérő miatt. Ez a relatív magas hüvelytér fogat 200 m/s lövedéksebességig nem okoz problémát, mivel rendelkezünk gyors égésű pisztolylőporral. A fő gondot ettől kezdve a 150 m/s és az alatti lövedéksebességek jelentették, mivel rendkívül intenzív égésű löpor használata esetében is igen csekély gáznyomások



kialakulására lehetett számítani, amely jelenség már az égés és ezzel a rendszer stabilitását is veszélyeztette. Megoldásnak kínálkozott a töltényűr betétezése pl. 7,62×39 kaliberre, vagy az égési (hüvely-) térfogat lecsökkentése fojtással, inert anyag betöltésével. A költségek minimalizálása érdekében a töltényűr betétezését elvetettük. Elvégezve a részletes számításokat, meghatároztuk az egyes sebességekhez tartozó lőportöltetek mennyiségét, és a lőpor fajtáját. A ballisztikai simulációk során meghatároztuk a szükséges minimális csőhosszúságot is, amelynek értéke 500 mm-re adódott.

DINAMIKAI SZÁMÍTÁSOK

Az előtervezési folyamat utolsó lépéseként elvégeztük a fegyver dinamikai számításait, figyelembe véve, hogy a fegyver egy már meglévő, 12,7×107 mm kaliberű mérőcső alkalmazására készült amortizátoros befogópadra kívánjuk csatlakoztatni. A hátrasiklási energiák egyenlőségéből kiindulva kiszámoltuk, hogy az új fegyvernek hozzávetőlegesen 70 kg tömegűnek kell lennie, így elkerülhető a befogóállvány amortizátor-rúgójának cseréje.

A VIZSGÁLÓFEGYVER TERVEZÉSE

Az előzetes és a ballisztikai számítások végeztével, valamint a konstrukció kialakítás véglegesítésével lehetővé vált a fegyver műhelyrajz szintű megtervezése. Adott volt tehát a

- lövedék átmérője, hossza, tömege,
- a cső névleges belső átmérője, minimális hossza,
- a hajítótöltet tartalmazó hüvelybe, kalibere,
- a fegyver szükséges tömege,
- a fegyver zárolási, töltési-ürítési rendszere.

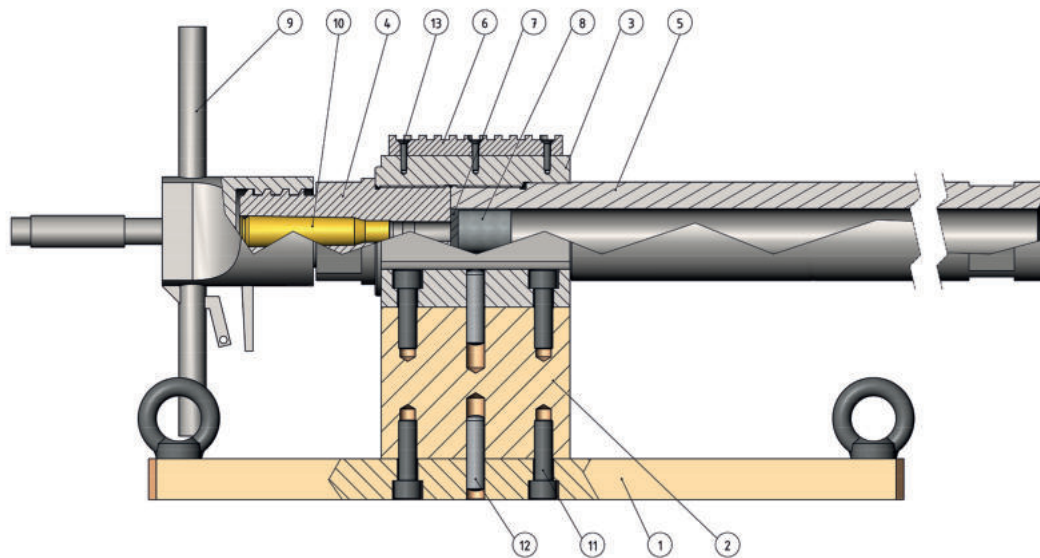
A tervezési folyamat teljes egészében 3D CAD rendszerben történt, amely folyamat során elsődleges szempont volt a lehető legegyszerűbb konstrukció kialakítása. A legegyszerűbb és egyben legolcsóbb konstrukció érdekében a zárszerkezet egy létező 12,7×107 mérőcső átalakítás nélkül átvett alkatrésze. A fegyver – a zárszerkezetet, a lövedéket és az akcelerator csészét nem számítva –

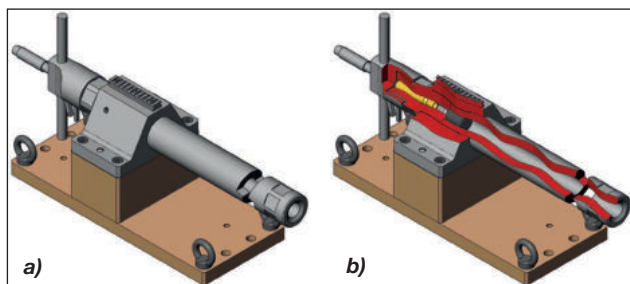
2. táblázat. Az elkészült fegyver főbb műszaki paramétereit (A szerzők szerkesztése)

A fegyver hosszúsága:	1221 mm
A fegyver magassága:	312 mm
A fegyver szélessége:	212 mm
A szerelt fegyver tömege	77 kg
A csőfurattengely magassága:	177 mm
A cső névleges űrmérete:	30,00 mm
A cső tényleges űrmérete:	29,89 mm
A cső aktív hosszúsága:	930 mm
A cső belső kialakítása:	sima falú (hónolt)
A hajítótöltet kaliberjelzése:	.50 BMG, (.50 NATO)
A hajítótöltet kialakítása:	Csappantyúzott .50 BMG hüvelybe töltött piroxilines (gyérfüstű) lőpor, EPS hab-dugóval, vagy pamutvattával lezárva, vagy azzal fojtva és egyben lezárva.
Irányzás, célzás:	Irányzás a Nyírbátor-pad saját irányzó elemeivel, célzás a csőfuronaton átnézve, vagy a felső sínen elhelyezett célzóeszközzel.
Alkalmazható nyomásmérő fej:	M10×1 menetű piezo fej, furat lezárására M10×1 inert fej

3. ábra. A fegyver metszeti összeállítási rajza

1. alaplap;
2. magasztó tömb;
3. befogó tömb;
4. hátsó betét;
5. fegyvercső;
6. sín;
7. csésze;
8. penetrátor;
9. zárszerkezet;
10. .50 BMG csappantyúzott hüvely;
11. DIN 912 csavar (M12×40);
12. DIN 6325 illesztőszeg (12×50);
13. DIN 7902 csavar (M4×20).





4. ábra. A fegyver axonometrikus nézete a) és metszeti axonometrikus nézete b)



5. ábra. Az elkészült fegyver

mindösszesen 6 db gyártott, 3 fajta kereskedelmi tételből és 1 db piezo záródugóból áll, amely gáznomásmérés nélküli lövések esetén és tároláskor használandó. A piezoelektromos nyomásméréshez a furat a befogótömb bal oldalán helyezkedik el, a CIP előírásainak megfelelő távolságra a hüvelyszájtól. A fegyvert fegyverállvány illesztőfelületéhez további 2 fajta kereskedelmi kötőelemmel lehet rögzíteni. A gáznomásból származó közvetlen igénybevételnek kitétt fegyveralkatrészek, valamint az optikai sín 42CrMo4 minőségű³, előnemesített acélból, az alárendeltek szerkezeti acélból készültek. Műszaki esztétikai szempontok figyelembevételével, az alaplap kivételével minden nem csatlakozó felület szemcseszórt, valamint a fegyvercső furatától eltekintve minden alkatrész barnítást kapott. A fegyver zárolási hézagjának beállításához zárolási idomszerkészletet is terveztünk, majd a fegyvert, a lövedékeket, és az idomszerkezetet, az elkészült tervdokumentáció alapján gyártották le. Az elkészült fegyver főbb műszaki paramétereit a 2. táblázat tartalmazza.

A fegyver metszeti összeállítási rajzát az 3. ábra tartalmazza. A fegyver mozgását elősegítendő az alaplap négy sarkában M12-es menetes furatok találhatóak, amelyekbe DIN 580 szemescsavart lehet rögzíteni (4. ábra). Az elkészült fegyvert az 5. ábra szemlélteti.

BEFOGÓÁLLVÁNY, KÍSÉRLETI ELRENDEZÉS

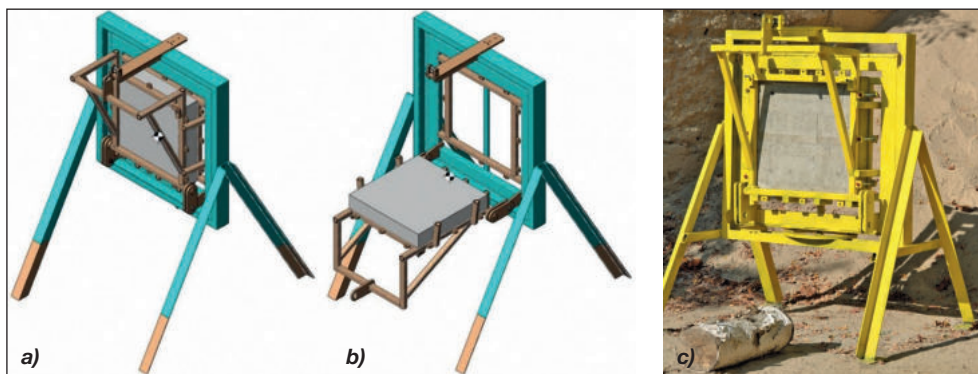
A vizsgálatok végrehajtásához megterveztük a 70×70×12 cm-es beton-táblák merev befogását és biztonságos cserélhe-

3. táblázat. A befogóállvány műszaki paramétereit (A szerzők szerkesztése)

Teljes mélység csukott állapotban	1696 mm
Teljes mélység nyitott állapotban	2142 mm
Teljes magasság	2165 mm
Teljes szélesség	1375 mm
A befogható minta szélessége	700 mm
A befogható minta magassága	700 mm
A befogható minta vastagsága	120 mm
A befogható minta középpontjának magassága csukott állapotban	1458 mm
A forgástengely magassága	978 mm
Tömegközéppont mélysége csukott állapotban	901 mm
Tömegközéppont mélysége nyitott állapotban	1157 mm
Tömegközéppont magassága csukott állapotban	1348 mm
Tömegközéppont magassága nyitott állapotban	1125 mm
Az állvány saját tömege	417 kg

tőségét biztosító befogó állványszerkezetet is, egy létező állványszerkezet átalakításával. Ennek részletes ismertetésétől eltekintünk, alapvető műszaki paramétereit a 3. táblázat, axonometrikus CAD-modelljét és az elkészült állványt a 6. ábra szemlélteti, a CAD-modell esetében kék színű elemek az eredeti állvány részei, barnák az újonnan készült elemek. A lövések során a céltárgy egészének elmozdulása nem volt észrevehető, a befogóállvány kellően merev volt.

A vizsgálat során a lövedék sebességét fotocellás fénykapukkal (7. ábra) regisztráltuk. A céltárgy a fegyver csőtorkolatától mérve 13 m-re, az első fénykapu 1,75 m-re állt, a fénykapuk közötti távolság 1150 mm volt. A becsapódási sebesség a detektálnál alacsonyabb volt a közegellenállás miatt, így a mért értékeket számítással korrigáltuk. Fontos volt annak biztosítása, hogy a henger alakú lövedékek hossz tengelyükre merőlegesen, homlokfelületükkel csapódjanak a céltárgyba, ezt a céltárgy elé helyezett vé-



6. ábra. Axonometrikus nézet a CAD-modellben csukott állapotban a), céltárgy cseréje közben, nyitott állapotban b), és az elkészült befogóállvány csukott állapotban c)



7. ábra. Fotocellás sebességmérők

kony furnérlemezen keletkezett lyuk szemrevételezésével ellenőriztük, valamint azt a lövedék becsapódáskor keletkezett roncsolódásának hengersizmetrikus volta is jól mutatta.

A FEGYVER EGYÉB FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI

A fegyver alapvetően az adott vizsgálat végrehajtására készült „célgép”, de más jellegű vizsgálatok elvégzésére is alkalmas, vagy alkalmassá tehető. A lehetőségeket a fegyver alkalmazási korlátai határozzák meg. A korlátozások a következő műszaki paramétereket jelentik:

A fegyverrel legfeljebb 28 mm-es átmérőjű és legfeljebb 200 g tömegű lövedék lőhető ki, ahol a maximális lövedékimpulzus 150 kg m/s, a maximális gáznyomás pedig 4200 bar.

Egyik lehetőségként kínálkozik valós, vagy adott morfológiájú repeszek kilövése, azok külső vagy célballisztikai vizsgálataihoz, ezzel a megoldással vizsgálhatóvá válnak a robbanásnál kialakuló repeszek, biztonságos és kontrollált körülmények mellett.

Másik lehetőség különböző konstrukciójú szárnystabilizált nyíllövedékek külső és célballisztikai vizsgálata, gömb formájú, vagy előre gyártott repeszek ballisztikai alaktényezőinek meghatározása.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Laczák Lili Eszter, Károlyi György, „Local Effects of Impact into Concrete Structure” *Periodica Polytechnica Civil Engineering* 60., 4. sz. (2016): 573–582. <https://doi.org/10.3311/PPci.8605>;
- [2] Laczák Lili Eszter, Hlavicka Viktor, Hajdú Ferenc, Salem Georges Nehme, Károlyi György. „Adalékanyag hatása a beton lövedékekkel szembeni ellenállására”. *Haditechnika* 52, sz. 3 (2018): 7–13. <https://doi.org/10.23713/HT.52.1.02>;
- [3] Li, Q.M., S.R. Reid, H.M. Wen, A.R. Telford, „Local impact effects of hard missiles on concrete targets” *International Journal of Impact Engineering* 32, sz. 1-4. (2005): 224–284. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2005.04.005>;
- [4] Sugano, T., H. Tsubota, Y. Kasai, N. Koshika, S. Orui, W.A. von Riesemann, D.C. Bickel, M.B. Parks, „Full-scale aircraft impact test for evaluation of impact force” *Nuclear Engineering and Design* 140, 3. sz. (1993): 373–385. [https://doi.org/10.1016/0029-5493\(93\)90119-T](https://doi.org/10.1016/0029-5493(93)90119-T);
- [5] Sugano, T., H. Tsubota, Y. Kasai, N. Koshika, H. Ohnuma, W.A. von Riesemann, D.C. Bickel, és M.B. Parks. „Local Damage to Reinforced Concrete Structures Caused by Impact of Aircraft Engine Missiles Part 1. Test Program, Method and Results”. *Nuclear Engineering and Design* 140, sz. 3 (1993. június): 387–405. [https://doi.org/10.1016/0029-5493\(93\)90120-X](https://doi.org/10.1016/0029-5493(93)90120-X);
- [6] Sugano, T., H. Tsubota, Y. Kasai, N. Koshika, C. Itoh, K. Shirai, W.A. von Riesemann, D.C. Bickel, és M.B. Parks. „Local Damage to Reinforced Concrete Structures Caused by Impact of Aircraft Engine Missiles Part 2. Evaluation of Test Results”. *Nuclear Engineering and Design* 140, sz. 3 (1993. június): 407–23. [https://doi.org/10.1016/0029-5493\(93\)90121-O](https://doi.org/10.1016/0029-5493(93)90121-O).

JEGYZETEK

- 1 A .50 BMG (Browning Machine Gun) egy .50-es kaliberű töltény, amelyet az 1910-es évek végén fejlesztettek ki az M2 Browning géppuska számára. A NATO-erők szabványos (STANAG 4383) szolgálati tölténye (a szerk.).
- 2 A C45 minőségű acél általános rendeltetésű, ötvözetlen, nemesíthető szénacél. Annak érdekében, hogy felületi keménysége megfelelő legyen, és a közepes kopásállóságot biztosítani tudja, lángedzéssel vagy indukciós edzéssel kezelik. Széles körben használt acélminőséget képvisel, hiszen hatalmas súly- és nyomásterhelést is elvisel (a szerk.).
- 3 Az FMJ (Full Metal Jacket – teljes köpenyes lövedék) kézfegyverek lövedéke, amely egy puha magból (gyakran ólomból) áll, amelyet keményebb fémből készült külső héj, általában tombak – CuZn10, vagy CuZn20 ötvözet – vesz körül (a szerk.).
- 4 C.I.P.: az 1973. évi 19. tvr.-rel kihirdetett, a kézfegyverek próbabélyegeinek kölcsönös elismeréséről Brüsszelben, 1969. július 1-jén kötött nemzetközi egyezmény végrehajtási utasításainak kidolgozására, felülvizsgálatára és ellenőrzésére létrehozott Nemzetközi Állandó Bizottság francia elnevezésének (Commission Internationale Permanente) rövidítése.
- 5 A 42CrMo4 gyengén ötvözött nemesíthető acél, amely elsősorban magas szívóssággal rendelkező, nagyobb igénybevételű gép- és jármű-, illetve szerszámkatrészek, készülékek elemeinek gyártásához ajánlott. Szilárdsága 1100N/mm² feletti, tehát a különféle acélminőségek sorában is rendkívül szívós.



Füleky András*

A japán kard – tűzből születő nemzeti kincs II. rész

A tanulmány első részében az olvasók betekintést nyerhettek a japán kultúrában kiemelt erkölcsi és társadalmi jelentőséggel bíró fegyver kialakulásának folyamatába és készítési technikájába. A szerző a történelmi korszakok mentén ismertette azt a múltból táplált kultikus szerepet, amely szorosan összekapcsolódik az *Edo*-kori Japán vezető társadalmi csoportja, a *bushi* (elit katonai réteg) erkölcsi és jogi státusával. Az írás 2. része részletesen ismerteti a japán kard hagyományos előállításának folyamatát, azon technológiai lépéseket, amelyek elvezetnek a kard teljes megformálásáig. A szerző kitér a kard tulajdonságát alapvetően meghatározó eltérő keménységű rétegek kialakítására, továbbá a japán kardok ma is használt minősítési rendszerére és társadalomban betöltött szerepére.

ANYAGOK ÉS TECHNOLÓGIÁK

Az acél elkészítésének technológiája valószínűleg a Koreai-félszigetről került át Japánba.

Egy *katana* előállításához hozzávetőlegesen 2 kg *tamahaganéra*⁶ van szükség (14. ábra). A kovácsolás eljárás során (hajtogatás és kovácshegesztés) végbemenő anyagvesztés, a kiinduló nyersanyaghoz képest mintegy 50-70%.

Az alapanyagot folyók medréből nyerték ki szitálásos módszerrel, ami rendkívül munkaigényes volt. Ma is ez a forrás, napjainkra azonban áttértek a mágneses gyűjtés módszerére. Kellő mennyiség után egy agyagból készített, faszénnel hevített olvasztó kohót, ún. *tatarát* építettek, amelyben a megolvadt vas fajsúly és olvadáspont szerint



14. ábra. Tamahagane [19; 82. o.]

rétegződött, így elkülöníthető volt a megfelelő minőségű alapanyag. Háromnapos munka után a szétbontott *tatar* belsejéből napvilágra került a nyers vasmag. Miután azt darabokra törték, a mester elkezdte az anyag osztályozását. A mintegy 2 tonnányi vasmagnak csak a töredéke vált a legkiválóbb fehér színű, szennyeztetlen acéllá, amely a kardkészítéshez megfelel (0,6–1,5% széntartalommal). Meg kell említeni azt a tényt, hogy a közismerten nyersanyaghiányos Japán számára a nyugati világgal történő

* NKE HHK Hadtudományi Doktori Iskola, doktorandusz. ORCID: 0000-0002-7735-2173





15. ábra. Tsumi-wakashi [19; 84. o.]

kereskedelmi kapcsolat első időszakában bizonyosan a nyersvasat is importálta, amelynek magasabb minősége a japán kardkészítés 16. századi csúcspontjához, a *Kotō* korszak legendás kardjainak előállításához is hozzájárulhatott.

A kardkovács munkája egyszerre volt mesterség és szakrális tevékenység. Híres kardkovács mellett dolgozni még akkor is nagy megtiszteltetésnek számított, ha „csak” a műhelyt takaríthatta, vagy a faszenet apríthatta az ember.

A *tamahagane* darabok összekovácsolása (15. ábra), majd a hajlítási folyamat (16 a) ábra) kardkovácsokként is teljesen egyedi módon kialakult szokás szerint történt. Volt, aki arra esküdött, hogy naponta csak 1 hajlítást és kovácshegesztést végez, akadt, aki 2-3 nap alatt a 18-20 hajlítást, így a többszázezer réteget is kialakította (16 b) ábra.). Ráadásul a hajtogatás és az azt követő hevítés időzítése nagy pontosságot követelt. A tévesztés sokszor azonnali selejtzéssel járt.

16. ábra. Tanren a) [19; 83. o.], Kiri-tagane b) [19; 86. o]



A kialakított vastömböt kard hosszúságúra kellett nyújtani, vigyázva arra, hogy a belül elhelyezett lágy mag középén maradjon. Az így elkészült nyers kardforma, (17 a) ábra) nagyszámú alakítás után eltérő irányú és nagyságú feszültséget rejtett. Ennek feloldása érdekében, a kardot normalizálás⁷ alá kellett vetni, amelynek során átalakul a szemcseszerkezet és kilágyul az anyag, ami előnyös, hiszen az edzés előtt végső formai megmunkálás következtelt lehúzással, reszeléssel

Az edzés előtt álló kard felülete a finommegmunkálás után is viszonylag durva maradt, amelyre szükség is volt, ugyanis az ekkor következő maszkolás – vagyis az agyag – a felhordást követően így tapadhatott fel (17 b) ábra). A művelet lényege, hogy az edzés eredményeként a kard az élénél kemény, hátrébb pedig szivós és mértékkel rugalmas válik, mivel ott az agyag a hevítéskor eltérő hőmérsékleti eloszlást ad. Az ideális kard kemény, jól vág, de nem törékeny. A maszkolással a keresztmetszet mentén kialakuló, és a kard tulajdonságát alapvetően meghatározó anyagszerkezeti kialakításon túl alapvető esztétikai érték is létrejön. Ez az egyedi, kardkészítő iskolára vagy mesterre jellemző edzésvonal, a *hamon* (18. ábra).

A következő lépés az előállítási folyamat egyik legkockázatosabb és legnagyobb tapasztalatot, intuitív képességet igénylő munkapontja: a kardpenge edzése (*yaki ire*). Az egyenletesen és tartósan, kb. 730 °C-ra áthevített kardtestet a kovácsmester kivette a tűzből, és élével lefelé bele mártotta a vízbe. A legnehezebb feladat annak a pillanatnak a megbecslése, hogy mikor kell időben kivenni a kardot. Itt a kardtest hűlése során változó szín volt az egyetlen információ, amely ráadásul nagyban függött a hűtőközegtől, és a fényviszonyoktól. A folyamat nehézségét, vagyis a lehűtés mértékének pontos megítélését érzékelteti az, hogy +/- 50 °C fok tévedés nem kellő keménységű anyagot, vagy a kardtest repedését okozta. (19. ábra.)

Amennyiben a mester sikerrel járt, következett a hőkezelés harmadik fázisa, a megeresztés, amelynek során 200–240 °C-os melegítés után lassú lehűtést alkalmaztak. A kard éle így mentesült olyan belső feszültségektől, amelyek a kardon nyugalmi állapotában is repedést okozhattak. [18]





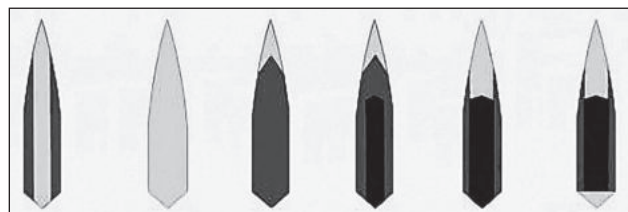
17. ábra. a) Hi-zukuri [19; 87. o.], b) Tsuchi-oki [19; 88. o.]



18. ábra. Hamon (Fotó: Füleky András)

A 20. ábrán a különböző gyártási eljárás szerint kialakított kard alapmetszeti képe látható. Balról jobbra haladva, az első metszet a legáltalánosabban használt eljárás, ahol a teljesen átédzett magot normál acél veszi körbe. A második metszet egy teljesen átédzett szelvény, míg a harmadik differenciált edzést mutat. A negyedik metszet a differenciált edzés mellett (átmeneti zónával) lágy acél magot tartalmaz, amely által a kard – megfelelő kompromisszum mellett – egyszerre válik rendkívül szilárd és egyben rugalmassá. Az ötödik metszet a lágyacél-magos kialakítás további finomítását ábrázolja. Itt a kemény acél vágóél (martenzites szerkezet) közvetlenül a lágy acélmaggal találkozik, normál acélköpennyel megtámasztva, míg az utolsó ábrán a kard *mune* része is kemény acél minőségű, ami a kard alkalmazásánál jelent előnyt.

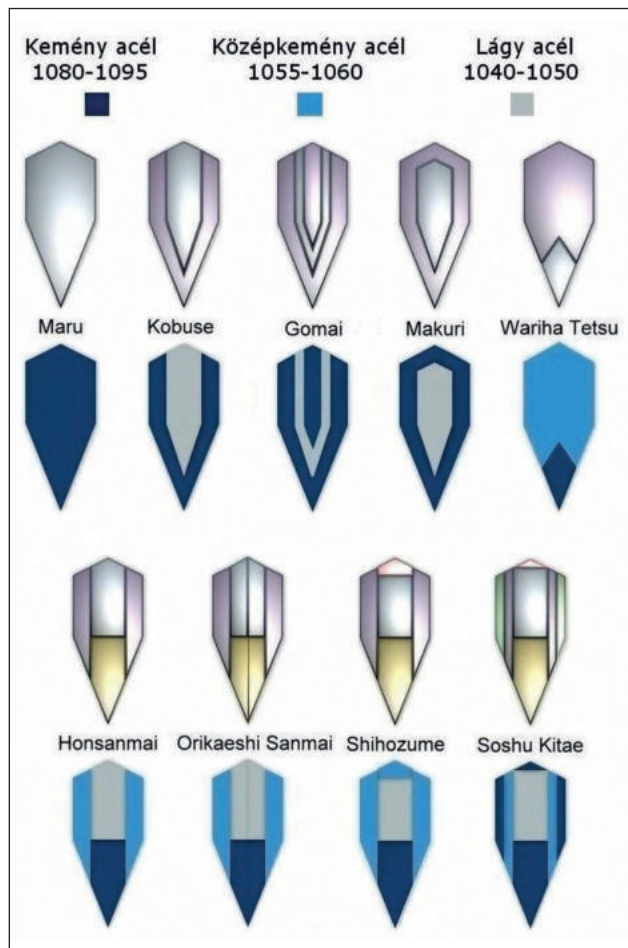
19. ábra. Yaki-ire [19; 89. o.]



20. ábra. Kard alapmetszeti képek (A szerző saját szerkesztésű ábrája)

A kardpengék kialakításának további megoldásait, a rétegek anyagkeménység szerinti elhelyezkedését, a változatok japán elnevezéseit a 21. ábra foglalja össze.

21. ábra. Összetett kardkialakítás metszeti képei [22; 3. o.]





22. ábra. A kardpenge ellenőrzése [19; 99. o.]

Egy S80-as szerszámacélból készült kard megfelelő edzés utáni Vickers-keménység⁸ mérése a penge élénél 786 HV (62,5 HRC⁹) értéket mutat, a rajzolat mentén 470 HV (46 HRC), míg a vércsatorna vonalában az érték 334 HV (34 HRC). Meg kell jegyezni, hogy a puhább belső mag a *tanto* és *wakizashi* készítésekor elmarad, mivel az a stabilitást szolgálja, és csak nagy kardoknál lényeges tulajdonság.

Az előállítás folyamatában, miután a kovácsmester eljutott a kardtest teljes elkészítéséig, alapos vizsgálattal eldöntötte, hogy a munkája hibátlan, kiadható a kezéből a további munkafolyamatok, majd a felszerelés elvégzéséhez. (22. ábra.) A további lépések az idők során specializálódva valóságos iparművészeti ágakká fejlődtek, összetettségük miatt itt mindössze a főbb pontok felsorolására szorítkozhatunk:

A kardtesten végzett munkafolyamatok:

- *Kaji oshi*: a kard csiszolása és élképzése.
- *Mei kiri*: a markolatüskébe vésett írás (kardra vonatkozó jellemző, lelkület, a mester jegye).

A kard egyes művészileg kialakított kiegészítő részei:

- *Tsuba*: kézvédő, amelyen a legegyszerűbb laptól eljuthatunk az összetett tájbrázolásig, vagy éppen az adott dinasztia címeréig. A kézvédő mérete több esetben utal a kardvívőiskola technikai sajátosságára. Jellemző volt, hogy csatához készülődve a kardot nagyobb *tsubával* szerelték fel, mint amit a napi gyakorlásnál használtak.
- *Tsuka ito*: markolatfonás.
- *Menuki*: díszes fémornamentum a markolatfonás alatt.
- *Tsukakashira*: a kardmarkolat végén lévő fémgomb.
- *Saya*: kardhüvely kiképzése. [18]

A JAPÁN KARDOK OSZTÁLYOZÁSI RENDSZERE ÉS MINŐSÍTÉSE

Japánban a történelmi korszakok során a jelen korig a mértékadó kardkovácsokat, tevékenységüket és az általuk



23. ábra. Katana (Fotó: Füleky András)

befejezettnek nyilvánított kardokat katalogizálták, rangsorolták, a kardok sorsát pedig a mai napig követik.

Az NTHK (Nihon Token Hozonkai – A japán kardok megőrzésére hivatott társaság) pontrendszer alkalmaz:

1. *Shinteisho* – 60–69 pont – Eredeti (a kardkovács és a származási hely/idő hitelesítése).
2. *Kanteisho* – 70–84 pont – Fontos (az NBTHK *Tokubetsu hozonjának* felel meg).
3. *Yushu Saku* – 85–94 pont – Nagyon fontos munka.
4. *Sai Yushu Saku* – 95–100 pont – Kivételesen fontos munka.

A *Fujishiro* kardcsiszoló család 1935-ben kialakított egy rangsorolást (*Nihon Toko Jiten*¹⁰), amely alapján mára közel 1500 kardkovács szerepel a listájukon. Az értékelési rendszer összetettségét jól mutatja, hogy valamennyi, a listára felvett kardot és készítőjét nem rögzített standard, hanem az adott korhoz mérten értékelték. A minősítési rendszer szintjei az alábbiak:

1. *Chu saku* – közepes gyártási minőség (átlagos).
2. *Chu-jo saku* – közepes fölötti gyártási minőség (átlag fölötti).
3. *Jo saku* – magas gyártási minőség (nagyon jó).
4. *Jo-jo saku* – nagyon magas gyártási minőség (kiváló).
5. *Sai-jo saku* – a legjobb gyártási minőség (nagy мастер).

Az NBTHK (Nihon Bijutsu Token Hozon Kyokai – A japán művészeti értékű kardok megőrzésére hivatott társaság) a kardokról minősítő okiratokat állít ki. Ezen minősítések tehát nem a kardkovácsoknak szólnak, mivel – bár nem jellemző – egy nagyon jó kardkovácsnak is lehet közepes minőségű kardja.

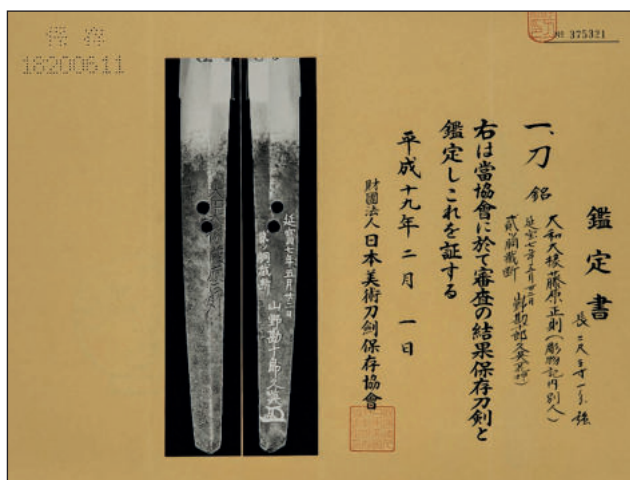
1. *Hozon* – megőrzésre érdemes/kisebb hibákkal (homokszínű okirat).
2. *Tokubetsu Hozon* – kivételesen érdemes a megőrzésre/hibátlan (barna).
3. *Juyo Token* – fontos munka.
4. *Tokubetsu Juyo Token* – kivételesen fontos munka.

Ez utóbbinak olyan kiválóknak kell lennie, mint egy *Juyo Bukanzainak*. A japán Oktatási, Tudományos, Sport- és Kulturális Minisztérium (Monbusho) által kibocsátott: *Juyo Bijutsu Hin* – „fontos művészeti tárgy”; *Juyo Bukanzai* – „fontos kulturális vagyontárgy” és a *Kokuho* – „nemzeti kincs” okiratokkal ellátott kardokat nem lehet kivinni Japán területéről, de lehetnek külföldi tulajdonban.

Az NBTHK éves rendezvényein a modern kardkovácsok összemérhetik képességeiket. Különböző díjakkal ismerik el tehetségüket, de már az is rangot jelent, ha valakinek a kardja bekerül a versenybe. Azon kardkovácsok közül, akik huzamosabb ideje kiemelkedő, rendkívüli munkát végeznek, kiválasztják Japán Élő Nemzeti Kincseit. [18]

A modern – működési engedéllyel rendelkező – kardkovácsok havonta legfeljebb 2 darab *katanát*, vagy 3 darab *wakizashit* készíthetnek a minőség megőrzése érdekében. A kardkovácsok minősítése alapján az elkészített kardok ára nagy eltéréseket mutat, a pár tízezer dolláros ártól, akár a fél millió dollár is terjedhet.

Az NTHK által kiadott minősítő tanúsítványban (23. ábra) az írott oszlopok tartalmazzák a minősítési szintet (*Kanteisho*, azaz eredeti kard, fontos munka), a penge hosz-



24. ábra. Egy hagyományos kard tanúsítványa [21]

szúságát, a *nakago* leírását (a mester jegye), a kardkészítő iskolára vonatkozó utalást, a kard besorolását, a bírálat idejét, a minősítő szervezet pecsétjét, végül a *nakago* fotóját. [18]

Meghatározott, magasabb minősítési szinttel rendelkező kardokat, valamint a történelmi kardokat évente be kell mutatni a tanúsítványt kiadó szervezetnek, ahol a kardot átvizsgálják, megállapítják, hogy egyezik a tanúsítvánnyal, és az állapotmegőrzés érdekében történő ápolása, tárolása kifogástalan. Az ellenőrzés tényét a kard „útlevelében” pecséttel igazolják.

A KARD SZEREPE A MAI JAPÁN TÁRSADALOMBAN

Erkölsileg helyes cselekedetek színlelése a *budō*ban nem működik. Ez a rövid mondat jól jellemzi a kard gyakorlásának napjainkig ható nevelő erejét. Bár maga a japán társadalom, a közigazgatás jellege, a közbiztonság mára nem teszi szükségessé – és jogilag nem is ad lehetőséget arra –, hogy kardot viseljünk, ennek ellenére a *katana*, a japán hosszúkard birtoklása szimbolikus jelentőségű, míg mind a *gendai* (modern), mind a *koryu* (hagyományos) iskolán alapuló gyakorlást, a hagyományok átadását és továbbvitelét magas értéknek tekintik.

Nem kétséges, hogy mára a kardnak a mai japán társadalomban betöltött szerepe inkább formálisnak tekinthető és elsősorban erkölcsi értelemben szolgálja mindazt az örökséget, amelyet az elmúlt évszázadok jelentenek. [20]

Azoknak a középkori japán *budō*ban kiérlelődött elméleteknek a létjogosultságára, amelyek megalapozták a kard használatát, a történelem valódi küzdelmei, harcai nyújtottak bizonyítást, s az eredmények és tapasztalatok közvetlenül alkalmazhatók más, hasonló gyakorlati módszerek esetében is. Részben ez a magyarázata annak, hogy a japán harcművészetek miért olyan egyediek, és miért terjedtek el szerte a világon.

A japán nyelvű harcművészeti értekezések jelentéstartalma – az azokban foglalt filozófia, erkölcs, a vallás pszichológiai aspektusai, és a közvetített magatartásminták révén – a modern kor embere számára is nagy jelentőségű, és különleges értéket képvisel.

Bár a *budō* követése nem hoz látványos, gyors sikereket, hosszú távon azonban olyan mélyreható személyiségformáló erővel bír, amely a gyakorló számára élethosszig kitart, miközben tevékenységét, életformáját megbecsülés és tisztelet övezi.

ÖSSZEZÉS

A japán kardról szóló tanulmány betekintést nyújtott egy olyan használati tárgy előállításába, amely anyagi, materiális megvalósulása során lépésről lépésre, nemcsak fizikai, hanem spirituális átalakuláson is keresztül megy. A történelmi időket áttekintve, a fegyverkészítés egyik legkifinomultabb technológiája alakult ki és maradt fent a mai napig Japánban. A kardkészítő mester által teljes gondossággal elkészített és kibocsátott kard használati értékét azonban már egy másik képességben jártas ember adja meg.

A tanulmány terjedelmi korlátai nem teszik lehetővé, hogy a japán kard használatáról, annak érdemben való mélységében írjunk. Annyit azonban ki kell emelnünk, hogy a *budō* nem tekinthető vallásnak, és nem is pusztán az ellenfél megsemmisítésére szolgáló technikák tárháza, hanem a komplexitása révén a lélek nevelése és tökéletesítése, amelyet a ma emberének újra fel kell fedeznie.

A *budō* útját járó ember olyan alapelvekre támaszkodhat, mint a bátorság, a hősiesség, a helyes döntések, a helyes magatartás, a helyes cselekvés, a becsületesség, az őszinteség, a hűség, az emberek iránti jóakarát, a megbecsülés és az előzékenység. Ezek a személyiség-vonásbeli elvárások Magyarországon, a 21. század hivatásos katonái, rendőri, katasztrófavédelmi, és más fegyveres szolgálatot ellátó személyektől utópisztikusnak és sokszor a társadalom számára is nehezen értelmezhetőnek tűnhet, azonban erős irányt mutat egyfajta értékrend, helyes szemléletmód felé.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [18] Fazekas József, *A japán kard magyarul*. Bp.: szerzői kiadás, 2009.;
- [19] Kawachi Kunihira, Manabe Masao, *The Art of Japanese Sword (As Taught by the Experts)*. Tokyo: Ribun Shuppan Co., Ltd., 2004.;
- [20] Yokoyama Katsuhiko, „A Budō értéke napjainkban” In: *Budo Kulturális Fórum konferencia kiadvány*, 2002.;
- [21] Forrás: <https://new.uniquejapan.com/wp-content/uploads/2014/09/Masanori-ujka139-33-Edit.jpg> (Letöltve: 2021.2.20.);
- [22] Forrás: Nelson, Erick, *Construction of the Shinken in the Modern Age*. Saját kiadás, 2004.

JEGYZETEK

- 6 A japán kifejezések leírása a cikk második részében a nemzetközileg használt Heppburn-féle átírással történt, és a szótóvet dőlt betűk jelölik. Néhány japán szó, kifejezés, a magyar nyelvben már meghonosodott, ezért ezeket külön nem jelölte a szerző.
- 7 A normalizálás hőkezelési eljárás, amelynek során a kovácsdarabot sötétvörösre hevítik (edzési hőfok alá), majd a tűzből kivéve, pihentetve hagyják kihűlni.
- 8 Vickers-keményiség (HV): fémkeménység mérésére szolgáló módszer, ahol a mérés során egy 136°-os csúcsszögű gyémántgúlat nyomnak meghatározott erővel a mérendő felületre. A kiértékeléshez megméri a lenyomat átlóit, és a kettő átlagából kiszámítják a lenyomat felületét.
- 9 Rockwell-keményiség (HRC): fémkeménység mérésére szolgáló módszer, ahol apró kúpot sajtolnak meghatározott erővel a mintaanyag felületébe először előterhelésként, majd teljes terhelésen. A teljes terhelés és előterhelés lenyomatának mélységét mérik, és ezek hányadosa adja meg a keménység értékét.
- 10 Nihon Toko Jiten – A japán kardkészítés könyve, ami elsősorban a Koto- és a Shinto-kori kardokat és kardkészítő mestereket katalogizálta egyedi osztályozási rendszer szerint.

CONTENTS

STUDIES

Virtual Reality and the Armed Forces – Possible Military Applications, Part 4	2
The Advantages of Radar Networks and the Challenges of the Implementation	8
The Aero Vodochody Czech Aircraft Company and its Planes, Part 2	16
Electric Propulsion of Airplanes – Necessity with Compromises, Part 6	22

INTERNATIONAL MILTECH REVIEW

An analysis of the Russian Federation's A2AD system in the Baltics and the NATO's response, Part 2	27
--	----

SPACE ACTIVITIES

High Altitude Platform Systems and their Possible Applications	32
There was a US space cabin in Soviet captivity	39

DOMESTIC SURVEY

Revision of Geoinformation Support Doctrine in the Context of New Adapted Equipment, Part 2	46
New Short-medium Range Missile System of the Ground Deployed Air Defence	54
Domestic Development in the Field Microwave System of Hungarian Defence Forces	60
Damage of Concrete Structures due to Projectile Impact, Part 1	65

MILTECH HISTORY

The Japanese Sword – National Treasure Forged from Fire, Part 2	71
---	----

INHALTVERZEICHNIS

STUDIEN

Virtuelle Realität und Streitkräfte – Zivile Anwendungsmöglichkeiten, Teil IV. Vorteile und Herausforderungen der Realisation von Hochfrequenzradarnetzen	2
Die tschechische AeroVodochody Aktiengesellschaft und ihre Flugzeuge, Teil II.	16
Elektrischer Antrieb von Flugzeugen – eine Notwendigkeit mit Kompromissen, Teil VI.	22

INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDschau

Analyse der A2AD-Fähigkeiten der Russischen Föderation und der NATO-Reaktionen im Baltikum, Teil II.	27
--	----

RAUMFAHRTTECHNIK

Hochatmosphärische Flugplattformen und ihre potenzielle Anwendbarkeit	32
Eine US-Raumkabine war in sowjetischer Gefangenschaft	39

HEIMATSCHAU

Überprüfung der Geoinformation Unterstützungsdoktrin des Verteidigungsministerium im Lichte der neuen technischen Mittel, Teil II.	46
Neues Kurz-Mittelstreckenraketen-system für die bodengestützte Luftverteidigung	54
Im Inland entwickelte Modernisierung im Feldmikrowellensystem der Ungarischen Streitkräfte	60
Schäden an Betonkonstruktionen durch Projektilschlag, Teil I.	65

GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK

Das japanische Schwert – National-schatz aus Feuer geboren, Teil II.	71
--	----

A címképünkön: A NASAMS légvédelmi rakétarendszer AIM-120 AMRAAM közepes hatótávolságú levegő-levegő rakétát indít (Fotó: Kongsberg Defence & Aerospace)

Borító 2: Fent: Az Aero Vodochody cseh repülőgépgyártó vállalat L-39NG típusú repülőgépe (Fotó: Aero Vodochody)

Lent: A NATO szerint az orosz A2/AD képességek fenyegetik az erőketítő képességét, korlátozva a Balti-tenger szabad használatát. Ennek ellensúlyozására, részben erődemonstrációs céllal a NATO rendszeresen megtartja a Balti-tengeren a BALTOPS gyakorlatokat. A 2018-as gyakorlaton részt vevő 22 nemzet küldött hajókat is. A kép előterében az egyik amerikai Arleigh Burke-osztályú romboló, valószínűleg a USS Donald Cook (DDG-75) (Forrás: US Navy) (<https://sites.breakingmedia.com/uploads/sites/3/2019/05/BALTOPS.jpg>)

Borító 3: Fent: A világ fejlett országainak haderőiben évek óta egyre szélesebb körben használják a virtuális valóság alapú technikai megoldásokat, legnagyobb arányban a képzés és kiképzés területén. (Forrás: www.recruitmenttech.com)

Lent: A haderőnemek közül a légierő rendelkezik a legnagyobb tapasztalattal a különböző szimulációs megoldások alkalmazása területén, nemzetközi szinten és magyar viszonylatban egyaránt (Forrás: <https://blog.techviz.net/4-use-cases-for-virtual-reality-in-the-military-and-defense-industry>)

Szerzőink figyelmébe

A szerkesztőség két független lektorral ellenőrizteti a beküldött kéziratokat és plágiumellenőrzésnek veti alá azokat. A cikkeknek tartalmaznia kell: egy max. 6-10 soros összefoglalást és 5 kulcsszót magyar és angol nyelven is, illetve a cím angol nyelvű fordítását. Lapunk szerzőinek nevénél lábjegyzetben fel kell tüntetni: a szerző e-mail címét és Orcid azonosítóját (www.orcid.org oldalán kérhető), továbbá a szerző munkahelyét, intézményi kötődését angol és magyar nyelven (illetve tudományos fokozatát – ha ilyenrel rendelkezik). A kéziratot csak a felhasználó irodalmak megjelölésével fogadjuk el. Ha a hivatkozott irodalmi forrás rendelkezik DOI azonosítóval, azt kérjük feltüntetni.

A hivatkozásokra vonatkozó szabály, hogy egyetlen olyan forrás se szerepeljen a felhasználó irodalom jegyzékében, amelyre a szerző a törzsszövegben nem hivatkozik. A szerzői jogra (copyright) vonatkozó jogok és kötelezettségek, továbbá a tiszteletdíj a kiadói szerződésben kerülnek szabályozásra. A cikkek a haditechnika@hm.gov.hu e-mail-címre várjuk. A Haditechnika folyóirat cikkei a szerkesztőség feltölti a Magyar Tudományos Művek Tárába, emellett az elmúlt több mint 50 év lapszámai elérhetők az MTA REAL-J repozitóriumban: <http://real-j.mtak.hu/view/journal/Haditechnika.html>

Előfizetés

Éves előfizetési díj 3120 Ft.

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

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél,

e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu,

faxon: 303-3440,

Stúdió könyvesbolt

1138 Bp., Népfürdő u. 15/D,

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

HM Zrínyi Nonprofit Kft.

Ügyfélszolgálat

Budapest II., Fillér u. 14.

Levélcíme: 1276 Budapest 22, Pf. 85

telefon/fax: 212-4540

e-mail: ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu

További információ: 06 80/444-444

A folyóirat 2005-2015 közötti példányai megrendelhetőek a Zrínyi webshopban (www.hmzrinyi.hu/termekek/magazinok).

A Haditechnika megvásárolható

Líra Könyvárúhá, Récsei Center

1146 Bp., Istvánmezei út 6.,

telefon: 411-1543

Stúdió könyvesbolt

1138 Bp., Népfürdő u. 15/D,

telefon/fax: 359-1964, 359-6461

HM Zrínyi Nkft.

Ügyfélszolgálat

Budapest II., Fillér u. 14.

Nyitvatartás: H.–P. 9:00–16:30 óra

ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu



IRANYASEREG.HU

A MAGYAR HONVÉDSÉG KARRIEROLDALA

TARTOZZ KÖZÉNK ÉS
VÁLASZD A BÁTRAK ÚTJÁT!

