

A múlt, a jelen és a jövő fegyverei

HADITECHNIKA

2023/1

LVII. évfolyam 1. szám

Ára 520 Ft



Posztermelléklettel!

PzH 2000 önjáró löveg



A MAGYAR HONVÉDSÉG MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS ÉS ISMERETTERJESZTŐ FOLYÓIRATA

Az MTA által minősített folyóirat

2023/1. szám.
LVII. évfolyam

Tulajdonos:

Bozó Tibor vezérőrnagy
(Honvéd Vezérkar, törzsigazgató)

A szerkesztőbizottság elnöke:

Dr. Porkoláb Imre dandártábornok
(HM Védelmi Innovációs és Képességfejlesztési
Főosztály főosztályvezető)

A szerkesztőbizottság alelnöke:

Bárány Zoltán Gábor ezredes (MH HTP)

Főszerkesztő:

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

A szerkesztőbizottság tagjai:

Dr. Both Előd
(Magyar Asztronautikai Társaság)
Dr. habil. Gyarmati József ezredes (NKE HHK)
Prof. dr. Haig Zsolt ezredes (NKE HHK KMDI)
Dr. Hajdú Ferenc ezredes (MH HTP)
Kaposvári László vezérőrnagy (HVK)
Prof. dr. Kiss Péter
(Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)
Prof. dr. Kovács László dandártábornok
(MH KIBP)
Dr. Koller József dandártábornok
(MH KJ 86. hel. dd.)
Könczöl Ferenc ezredes (MH DT 205. lé. rk. e.)
Lengyel Csaba ezredes (MH KIBP)
dr. Lippai Péter dandártábornok (MH SZFP)
Magyar Ferenc (ZalaZone)
Dr. Németh András alezredes (NKE HHK)
Pachner Róbert
(HM CURRUS Zrt. és HM ARMCOM Zrt.)
Prof. dr. Rohács József CSc. (BME)
Solymosi Ferenc ezredes (MH TTP)
Szakácsi István alezredes
(MH SZFP)
Dr. Trembeczki László András (HM El Zrt.)

Lektorai bizottság elnöke:

Dr. Keszthelyi Gyula ny. dandártábornok (MKLE)

Felelős szerkesztő:

Végyvári Zsolt alezredes
(NKE HHK, MHTT, TÚK, MEE)

Szerkesztő:

Rojkó Annamária főtanácsos
(MÚOSZ, TÚK)

Katonai szerkesztő:

Druzsinn József őrnagy
(MHTT, TÚK, MKLE)

Szerkesztőasszisztens:

Drahos Gabriella (TÚK)

Kutatástámogató asszisztens:

Dári Nikolett (MH HTP)

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

Dr. Németh András – Virágh
Krisztián: Mesterséges
intelligencia és haderő –
Katonai alkalmazási
lehetőségek VII. rész 2



Őze Zoltán: A nukleáris
fenyegetettség napjainkban 22



Zentay Péter – Dr. Hegedűs
Ernő – Végyvári Zsolt:
A 3D-s nyomtatás és katonai
alkalmazásának lehetőségei
II. rész 49



Dr. Rohács József: A személy-
repülőgépek biztonsága
II. rész 56



TANULMÁNYOK

Ocskay István: Harcokoci-
generációk I. rész 7
Dr. Varga Béla: A gázturbinás
repülőgép-hajtóművek
fejlesztési irányai I. rész 14

NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

Filipovics Alex: Az elektromos
és hibrid hajtásláncú személy-
és tehergépjárművek
alkalmazásának lehetőségei a
Magyar Honvédségben II. rész 28
Dr. Hegedűs Ernő – Dr. Hennel
Sándor – Végyvári Zsolt:
A Bayraktar drónok I. rész 35
Kelecsényi István: A szerb
haderőfejlesztés I. rész 40

ŰRTECHNIKA

Dr. Bartóki-Gönczy Balázs:
Gondolatok a világűrjog és
-politika oktatásának
fontosságáról 47

HAZAI TÜKÖR

Tóth Péter – Szelezcki
Szilveszter: A tábori
infokommunikációs
rendszerek centruma,
a HIK-központ 62
Dr. Farkas Csaba PhD – Nagy
Attila – Csák Attila: A Protar
légvédelmi célrepülőgép
fejlesztése Magyarországon
III. rész 67

HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

Somkutas Róbert: A német
alárendeltségbe léptetett magyar
királyi I. gyorsadtest
tevékenysége I. rész 72

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


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

A **Haditechnika** kéthavonként nyomtatásban megjelenő folyóirat.

A szerkesztőség elérhetőségei:

1087 Budapest, Kerepesi út 29/B. ■ Telefon: +3630-773-7494 ■ haditechnika@hmzrinyi.hu
kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT; <https://www.facebook.com/HTfolyoirat/>

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



42. ábra. Önvezető katonai jármű tesztelése a ZalaZone Járműipari Tesztpályán (Fotó: HM Zrínyi NKft. / honvedelem.hu / Kálmánfi Gábor)

Dr. Németh András* – Virágh Krisztián**

Mesterséges intelligencia és haderő – Katonai alkalmazási lehetőségek

VII. rész

A szerzők, tanulmányuk előző részeiben a mesterséges intelligencia jelentőségére, a felhasználásban rejlő potenciálra hívták fel a figyelmet, valamint bemutatták a legjelentősebb polgári alkalmazási lehetőségeket. Céljuk az volt, hogy a katonai alkalmazhatóság tárgyalását megelőzően átfogó képet alakítsanak ki a terület komplexitásáról. A polgári alkalmazások bemutatásakor már jelezték, hogy azok kivétel nélkül rendelkeznek katonai vetületekkel is. Tanulmányuk záró részeiben azonban a specifikusan katonai területekre, elsősorban a katonai robotokra, harcszimulációs rendszerekre, és a felderítésre koncentrálnak.

A Magyar Honvédségben jelenleg is zajlik a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program első szakaszának végrehajtása, amelynek során a haderő csaknem minden eleme megújul. A döntéshozók szándéka szerint számos katonai képességet a kor kihívásainak megfelelően képes színvonalra fejlesztenek. Bár a beszerzett rendszerek jelentős része már tartalmaz MI-alapú megoldásokat, a program, a magas ambíciószint ellenére mégsem szentel kellő figyelmet magának a mesterséges intelligenciának. Ezért szeretnénk rávilágítani néhány olyan katonai alkalmazási területre, amelyek fejlesztése képes lenne jelentősen hozzájárulni ahhoz, hogy a Magyar Honvédség valóban Közép-Európa

egyik legmodernebb és legütőképesebb haderejévé váljon. A 21. században a katonai fölényt már nem elsősorban a személyi állomány létszáma, sokkal inkább annak kiképzettsége, illetve az általa alkalmazott haditechnikai eszközök korszerűsége, valamint az azokban felhasznált technológiák és technikai megoldások által kínált lehetőségek minél hatékonyabb kihasználása komplex módon határozza meg. A hadviselés jövőjét az MI tehát biztosan alapjaiban fogja majd meghatározni.

KATONAI FELHASZNÁLÁSÚ ROBOTIKAI RENDSZEREK

Egy korszerű haderő koncepciója ma már biztosan elképzelhetetlen katonai robotok széleskörű alkalmazása nélkül. A Magyar Honvédségben az elmúlt évtizedben alapvetően tűzszerezés és felderítő robotokat, valamint pilóta nélküli légi járműveket (UAV – Unmanned Aerial Vehicle) alkalmaztak e fogalom jegyében. Ugyanakkor számos egyéb haditechnikai eszköz is használ különböző robotikai megoldásokat működése során. A következő jelentős ugrást, a jövőben vélhetően az UAV-ok egyre szélesebb körű felhasználása mellett az önvezető (on- és off-road) járművek, a mesterséges külső vázak és egyéb speciális robotok

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

** Cybersecurity Architect, Thyssenkrupp Components Technology Hungary, Product Cybersecurity Department. ORCID: 0000-0003-4184-9492

megjelenése jelenti. Ezek a technológiák jelenleg még a kutatási, fejlesztési (K+F) folyamatok különböző fázisában járnak, vagy éppen tesztelési szakaszban vannak, így nem becsülhető meg pontosan, mikor válnak alkalmassá arra, hogy akár műveleti területen, vagy hazai katonai feladatok ellátására során nagy biztonsággal, széleskörűen alkalmazzuk azokat. Ez is indokolja, hogy ne csak a konkrét eszközök beszerzésére koncentráljunk, hanem a kapcsolódó technológiák és a technikai megoldások tudományos alappal történő vizsgálatára is jelentős hangsúlyt fektessünk.

ÖNVEZŐ KATONAI JÁRMŰVEK

A fejlesztők és a piaci szereplők várakozásai szerint a közúti önzvezető járművek elterjedésével csökkenni fog a közlekedési balesetek száma. A váratlan esetek nemcsak a polgári, de a szolgálati feladatokat ellátó katonai járművek személyzetének életét is veszélyeztetik. Gondoljunk csak például a Bátor Harcos 2019 gyakorlatra, amelynek során egy konvojbaesetben egy magyar katona veszítette életét, illetve többen sérüléseket szenvedtek. [154] Szerencsére nem mindennaposak a katonai járművek balesetei, de ha az önzvezető járművekkel ezek számát is tovább lehet csökkenteni, akkor érdemes követni a polgári trendeket. Alkalmazásuk ugyanakkor nemcsak emiatt célszerű. Amennyiben nem kell a gépkocsivezetők számára kötelező pihenőidőt biztosítani, csökkenthető az utazás időtartama (természetesen az emberek fiziológiai szükségleteit akkor is szem előtt kell tartani). Az idő kulcsfontosságú tényező minden katonai műveletben, gondoljunk csak a SALUTE¹¹, vagy a METT-TC¹² rövidítések jelentésére, vagy a nemcsak katonai berkekben használatos, baleseteknél alkalmazott METHANE¹³-re. Katonai szemszögből ugyanakkor nemcsak a közúti közlekedéssel szemben támasztott követelményekre kell tekintettel lenni, fontos szem előtt tartani, hogy az ilyen járműveknek az épített utakon kívül, ellenséges tevékenységek közepette is képesnek kell lenniük a haladásra. Így számolni kell a terep- és időjárás viszonyokkal, vagy egyéb infrastrukturális hiányosságokkal (pl. mobiltelefon-hálózat hiánya), vagy akár az elektronikai eltevékenyességek hatásaival is. Az off-road közlekedés számos kérdést vet fel már tervezési szempontból is [155], hiszen a biztonság feltételeinek megteremtéséhez a terep értékelését folyamatosan, valós időben kell végezni, ami lényegesen bonyolultabb szenzorrendszerek fúzióját követeli meg, hiszen a közúti közlekedésben alkalmazott járművek nagyban támaszkodnak például a közlekedési táblák, útfestések jelzéseire. Fontos megjegyezni, hogy az önzvezető autók egyik nélkülözhetetlen alrendszere a navigációs és útvonaltervező szolgáltatásokat biztosítja, amelyek a különböző globális műholdas navigációs rendszerek (GNSS – Global Navigation Satellite Systems) műholdjai által kisugárzott rádiófrekvenciás jelek felhasználásával végzik a pontos helymeghatározást. Ezek működése azonban számos módon megzavarható, illetve akadályozható, például az elektronikai hadviselés eszközeivel [156], zavaró (jamming), megtévesztő (spoofing) és visszajátszó (meaconing) eljárásokkal [157], vagy éppen kibertámadásokkal. Az elektronikai rendszerek védelmére általánosságban is kiemelt figyelmet kell fordítani, hiszen komoly problémát jelenthet az is, ha az ellenérdekelt felek át tudják venni az irányítást saját járműveink felett. Indokolt tehát, hogy a Magyar Honvédség is kiemelt figyelmet fordítson a katonai céllal alkalmazott önzvezető járművek kommunikációs csatornáinak védelmére, amelyeken keresztül érzé-



43. ábra. A XOS2 exoskeleton [161]

keny információk is megsérülhetnek, vagy kerülhetnek illetéktelenekhez. Ezért kiemelten fontos, hogy a Magyar Honvédség számára a jövőben készülő, már önzvezető képességgel is rendelkező járművek fejlesztése, illetve a megvásárolt eszközök tesztelése katonai szempontból hiteles, ellenőrzött körülmények között történjen [158]. A működési próbák helyszíne a ZalaZone tesztpálya mintegy 30 hektáros katonai off-road szegmense, aminek első ütemét már 2021-ben átadták. [159]

EXOSKELETONOK

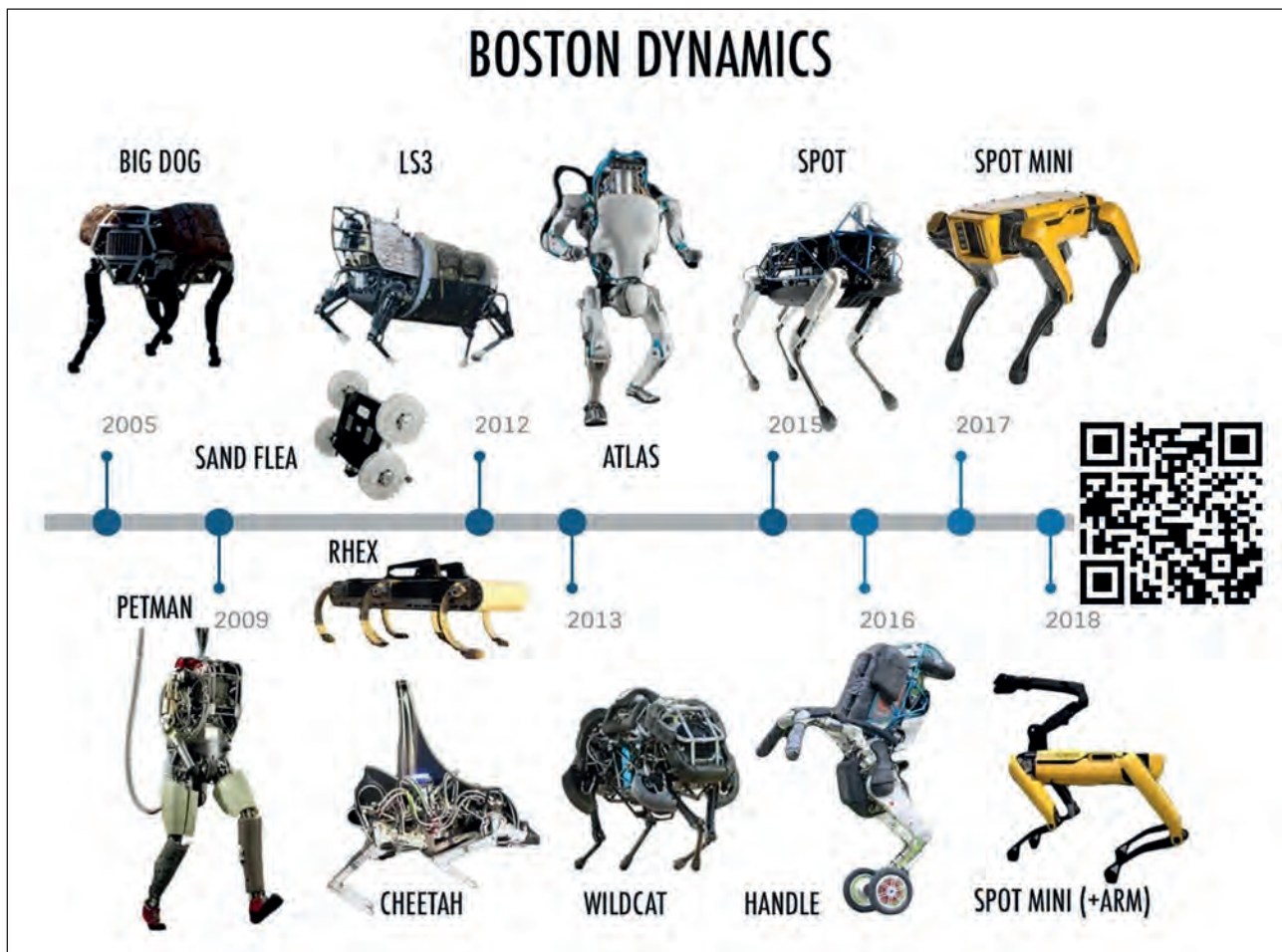
A mesterséges külső vázak (exoskeleton) alkalmazása számos előnyt biztosíthat a katonák számára. Segítségükkel például növelhető a helyváltoztatás sebessége, vagy a teherbíróképesség, illetve olyan változatos terepviszonyok és akadályok leküzdése is lehetségessé válik, amelyekre az ember, fizikai korlátai miatt nem lenne képes, mindez úgy, hogy csökkenti az ízületekre és a vázrendszerre jutó terhelés mértékét. [160] Exoskeletonokkal akár olyanok számára is elérhetővé válik a katonai szolgálat, akik fizikailag eddig nem lettek volna arra alkalmasak. Ilyen eszközök például az Exo-boot, a HULC (Human Universal Load Carrier – többcélú emberi teherhordó), az Onyx, az OX (Operational Exoskeleton – műveleti mesterséges külső váz), a TALOS (Tactical Assault Light Operator Suit – taktikai támadó könnyű üzemeltetői öltözet), a Wyss Exosuit, vagy éppen az XOS2 (43. ábra). [161]

A fenti eszközök fejlesztésével foglalkozó vállalatoknál, szervezeteknél (Lockheed Martin, DePhy, Raytheon, Wyss Institute, DARPA¹⁴, USSOCOM¹⁵, DSTO¹⁶) az elmúlt évtizedben óriási tapasztalat halmozódhatott fel, amely jelentősen segíthetné akár egy magyarországi fejlesztői, gyártói kapacitás létrehozását is, például olyan konstrukciókban, mint amilyenek kereteit más nagy hadiipari szereplőkkel korábban már kialakított a kormányzat.

ROBOTIKAI ALKALMAZÁSOK

Végül a robotikai alkalmazások területén célszerű megvizsgálni a köznyelvben is „katonai robot”-ként meghonosított kifejezéssel említendő rendszereket. Az elemzéshez jó támpontot jelenthet a Boston Dynamics vállalat által fejlesztett eszközök közel 20 esztendő evolúciója, amit a 44. ábrán követhetünk figyelemmel. Bár a mérnököket nem





44. ábra. A Boston Dynamics robotjainak evolúciója [162]

kimondottan katonai célok vezérelték a tervezőmunka során, a megvalósult termékek (Atlas, Handle, Pick, Spot) valójában éppen speciális tulajdonságaik miatt lehetnek alkalmasak ilyen jellegű feladatok ellátására is, más, a piacon hozzáférhető eszközökhöz hasonlóan.

Cikkünkben a Handle és a Spot robotokon keresztül mutatjuk be a katonai felhasználás lehetőségeit, ez utóbbi esetben az önkényes választás motivációi között szerepelt, hogy személyes tapasztalatokat is sikerült szereznünk az eszköz képességeiről [163].

A katonai alkalmazás természetesen nemcsak harci alkalmazást jelenthet. Ahol a robotizációnak a legkorábban

szerepe lehet, az például a MH Logisztikai Raktárbázis – a Zrínyi HHP keretében 2020 végén, Szentkirályszabadján átadott – csaknem 21 000 m²-es, 10 m belmagasságú 25 000 raklapnyi termék tárolását biztosító csarnoka [164], amely működésének hatékonyságát jelentősen növelni lehetne többek között akár a Handle, vagy az újabb fejlesztésű Stretch anyagmozgató ipari robotok alkalmazásával.

A Handle robot tájékozódását mélytanulással fejlesztett, 360°-os gépi látás segíti, amelynek köszönhetően feladatát képes nagy pontossággal ellátni. Rendkívül mobilis, 4 m/s maximális sebességgel képes a helyváltoztatásra, amely nagy alapterületű raktárak esetén indokolt. Alapvetően

15 kg-os tárgyak mozgatására tervezték, és 3 m-es magasságig tud emelni [165]. Ez azt jelenti, hogy fizikai korlátai miatt nem képes bármilyen feladat ellátására, ugyanakkor a tárgoncákkal (amelyek szintén lehetnek robotizáltak) leemelt raklapokról, vagy futószalagokról történő rakodásra – terhelhetősége határáig – tökéletesen megfelel. Ugyanakkor az ilyen méretű raktárak szinte teljes robotizálására is van lehetőség, mint ahogy azt az online kereskedelemben már széleskörűen alkalmazzák.

A fenti robotok – kialakításuk miatt – sík, egyenletes szilárd burkolaton képesek hatékonyan működni. Ugyanakkor a katonai célú eszközök fontos képességének kell lennie, hogy változatos terep- és időjárási viszonyok

45. ábra. Spot, a robotkutya [163]





46. ábra. Boston Dynamics logisztikai robotok: fent – Handle; balra lent – Strech prototípus; jobbra lent – Strech kereskedelmi változat [166]



47. ábra. Példa felfegyverzett robotkutyára: különleges felhasználású, kezelő nélküli fegyver (SPUR – Special Purpose Unmanned Rifle) [169]

között is segíteni, vagy helyettesíteni tudják a katonát, akinek esetenként veszélyes (például ABV – atom-, biológiai, vegyi szennyezett) terepszakaszokon és szélsőséges körülmények között kell szolgálatot teljesítenie. Az emberi erőforrások védelme érdekében olyan megoldások alkalmazása lehet célravezető, amelyek képesek csökkenteni a katonák fizikai és/vagy mentális terhelését. Erre kínál egyfajta megoldást a Spot speciális „robotkutya” (45. ábra), amely optimális körülmények között, egy feltöltéssel átlagosan 90 perces üzemidő alatt képes akár 1.6 m/s sebességgel is közlekedni, és 360°-os gépi látás segítségével tájéko-

zódni. Alkalmos erősen átszegedett, de akár vegyileg szennyezett terep leküzdésére is változatos időjárási körülmények között, -20°C és $+45^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet tartományban. Egy robotkar segítségével, kis mérete ellenére akár 14 kg tömegű testek mozgatására is képes. [167]

Bár a Boston Dynamics tiltja robotjai felfegyverzését, a felhasználók ezt egyrészt nem minden esetben tekintik magukra nézve kötelező érvényűnek, másrészt nem minden gyártó zárkózik el a hasonló megoldásoktól [168], így a jövőben vélhetően egyre gyakrabban találkozhatunk majd ilyen eszközökkel különböző fegyveres konfliktusok kapcsán.

A fenti robotok működése során a mesterséges intelligencia számos olyan funkciót támogat, amelyek nagyban függenek az alkalmazási környezet pillanatnyi állapotától, mint például a tájékozódás, az objektumok azonosítása, az akadályelkerülés, az egyensúlyozás, vagy éppen az útvonaltervezés. A jövőben történő felhasználás tekintetében ugyanakkor sokkal nagyobb hangsúly helyeződik az autonómia szintjének növelésére, azaz egyre több szituációban fog maga a gép dönteni. Az egyik legkritikusabb kérdés a harctéri robotok esetén maga a fegyverhasználat, hiszen mindamellett, hogy bonyolult jogi kérdéssről van szó, Asimov (morális) törvényeinek is ellentmond, hogy egy gép az ember ellen forduljon. A fejlesztések egyértelműen a felfegyverzett autonóm eszközök (48. ábra) irányába mutatnak, ám vélhetően még nagyon messze vagyunk attól, hogy a háborúkat robotok vívják meg robotokkal.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [154] Bíró Marianna és Bozzay Balázs. *Meghalt egy katona a konvoj balesetében*, Index, 2019.08.26. https://index.hu/belfold/2019/08/26/banko_sajttaj_baleset_katonai_konvoj/ (Letöltve: 2022.10.24.);
- [155] Dr. Németh András, Dr. Hegedűs Ernő, Wippenhauser András és Simó Réka. *A katonai alkalmazású autonóm terepjáró járművek fejlesztésének egyes kérdései I.rész*, Haditechnika, LIII. évf. 4. sz., pp. 11–16., 2019. DOI: 10.23713/HT.53.4.02;
- [156] Szűcs Péter. *Műholdas kommunikációs rendszerek támadhatósága*. Nemzetbiztonsági Szemle, II. évf. 1. sz., pp. 159–169., 2014.;
- [157] Prof. Dr. Haig Zsolt. *Elektronikai zavarás, Műholdas navigáció zavarása*. [Performance]. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Elektronikai Hadviselés Tanszék, 2020.;
- [158] Dr. Németh András, Dr. Hegedűs Ernő, Wippenhauser András és Simó Réka. *A katonai alkalmazású autonóm terepjáró járművek fejlesztésének egyes kérdései II. rész*, Haditechnika, LIII. évf. 5. sz., pp. 2–7., 2019. DOI: 10.23713/HT.53.5.01;
- [159] *Világszínvonalú fejlesztéseket jelent a Rheinmetall és a ZalaZONE 100 milliárd forint értékű beruházásai Zalaegerszegen*, Kanizsa Újság, 2022.03.28.





48. ábra. Felfegyverzett robotok a Milrem Robotics cég kínálatából [170]

- <https://kanizsaujsag.hu/hir/202203/vilagszinvonalu-fejleszteseket-jelent-a-rheinmetall-es-a-zalazone-100-milliard-forint> (Letöltve: 2022.11.1.);
- [160] Pécsi Péter. *Harcsimulátorok integrálásának lehetőségei a hazai katonai kiképzés rendszerébe, Tudományos Diákköri Dolgozat*, Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2019.;
- [161] Talal Hussein. *US Army trials exoskeletons for military use*, Army Technology, 2019.05.15. <https://www.army-technology.com/features/us-army-exoskeletons/> (Letöltve: 2022.10.24.);
- [162] Meghan Han. *Boston Dynamics Robodog Opens a Door, Owns the Internet*, 2018.02.14. <https://medium.com/syncedreview/boston-dynamics-robodog-opens-a-door-owns-the-internet-cded79fae992> (Letöltve: 2022.10.24.);
- [163] Szatmári Balázs. *SPOT, a robotkutya*, NKE HHK, 2021.03.21. <https://hhk.uni-nke.hu/hirek/2021/03/02/spot-a-robotkutya> (Letöltve: 2022.11.5.);
- [164] Ördög Kovács Márton. *A 21. századba lépett a katonai logisztika*, 2020.12.01. <https://honvedelem.hu/hirek/a-21-szazadba-lepett-a-katonai-logisztika.html> (Letöltve: 2022.11.2.);
- [165] *HANDLE*, <https://www.bostondynamics.com/handle> (Letöltve: 2022.10.26.);
- [166] Forrás: <https://robots.ieee.org/robots/handle/handle-1200x630.jpg>; <https://cdn.arstechnica.net/wp-content/uploads/2022/04/21.jpg> (Letöltve: 2022.11.5.);
- [167] *SPOT*, <https://www.bostondynamics.com/spot> (Letöltve: 2022.10.26.);
- [168] <https://sworddefense.com/spur/> (Letöltve: 2022.11.5.);
- [169] K. Holt. *Ghost Robotics strapped a gun to its robot dog*, 2021.10.14. <https://www.engadget.com/robot-dog-gun-ghost-robotics-sword-international-175529912.html> (Letöltve: 2022.11.5.);
- [170] Forrás: https://mms.businesswire.com/media/20190218005105/en/706163/5/IDEX_2019.jpg (Letöltve: 2022.11.5.).

JEGYZETEK

- 11 SALUTE: Size, Activity, Location, Unit Identification, Time, Equipment – méret, tevékenység, hely, alegység, idő, felszerelés.
- 12 METT-TC: Mission, Enemy, Terrain and Weather, Troops and Support Available, Time Available, Civil Considerations – feladat, ellenség, terep és időjárás, rendelkezésre álló erő és támogatás, rendelkezésre álló idő, civil tényezők.
- 13 METHANE: Major Incident, Exact Location, Type of Incident, Hazards, Access, Number of Casualties, Emergency Services – fő baleset, pontos helyszín, baleset típusa, megközelíthetőség, sérültek száma, további segítségnyújtás.
- 14 DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency – Fejlett Védelmi Kutatási Projektek Ügynöksége.
- 15 USSOCOM: United States Special Operations Command – Amerikai Különleges Műveleti Parancsnokság.
- 16 DSTO: Defence Science and Technology Group – Védelmi Tudományos és Technológiai Csoport (Ausztrália).

1. ábra. Az MH 25. Klapka György Lövészdandár Leopard 2A4HU típusú harckocsijára felszerelt Saab BT-46 szimulációs eszköz (Fotó: HM Zrínyi Nonprofit Kft. / honvedelem.hu / Horváth Sztaniszláv)



Ocskay István*

Harckocsi-generációk I. rész

Az elmúlt időszakban a harcjárművek, azon belül is a harckocsik fejlődésének bemutatását több szakértő is azok generációk szerinti felosztásában látta helyesnek. Ennek alapja az lehet, hogy a harckocsik generációi jól elkülöníthetők azok felszerelése, és az eszközökben található technikai eszközök fejlettsége alapján. Abban a kérdésben azonban jelentősen megoszlik a szakértők véleménye, hogy az idővonalon honnan kell számítani a generá-

ciókat, és hol húzódnak a generációs határok. [1] [2] [3] [4] [5] Általánosságban elmondható, hogy az elmúlt évezred végén publikáló szerzők (Ogorkiewitz [6] [7], Foss [8], Zaloga [9]) a harckocsi-generációkat zömmel a II. világháborút követő időszaktól számolják. Megközelítésük szerint négy markánsan elkülöníthető generáció különböztethető meg, amelyhez még további két, vagy három átmeneti generáció is tartozik. Ebben a megközelítésben a negyedik generáció

ÖSSZEFOGLALÁS: A szerző a Magyar Honvédség Haderőmodernizációs és Transzformációs Parancsnokság Modernizációs Igazgatóság igazgatója, a téma szakértőjeként a harcjárművek generáció szerinti felosztásának kérdéseit vizsgálja. Először amerikai, brit, orosz, lengyel és kanadai szakértők harckocsi-generációk szerinti csoportosítását elemzi, majd a téma különböző megközelítéseiből kiindulva új generációs besorolás alkalmazására tesz javaslatot. Hét generációt különböztet meg, amelyeket időben behatárol, és technikai fejlettség tekintetében részletesen bemutat. Megállapításait számos konkrét példával, táblázatokba foglalt technikai adatokkal támasztja alá. Ugyanakkor felhívja a figyelmet arra, hogy mindig lesznek egyedi fejlesztések, nehezen besorolható példák, amelyek szakmai vitákra adnak okot.

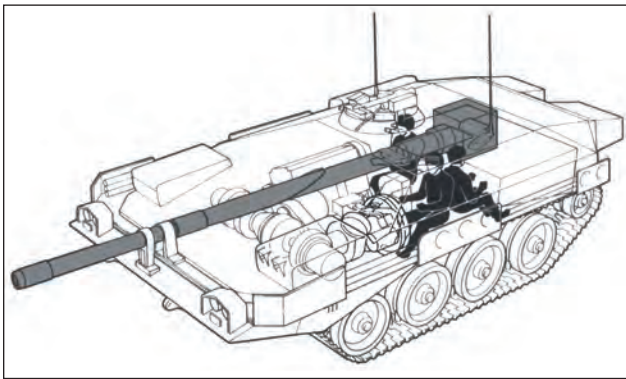
KULCSSZAVAK: harckocsi, harckocsi-generációk, Iron-Triangle szempontrendszer, Steel-Hexagon szempontrendszer, technikai fejlődés

ABSTRACT: The author is director of the Hungarian Defense Forces Force Modernization and Transformation Command, Modernization Directorate, and as an expert on the subject, he scrutinizes the questions of dividing combat vehicles by generation. First of all, it examines the perception of tank generations by American, British, Russian, Polish and Canadian experts, and then proposes the use of a new generation classification based on different approaches to the topic. It distinguishes seven generations, which it delimits in time and presents in detail in terms of technical development. He supports his findings with numerous concrete examples and technical data included in tables. At the same time, he draws attention to the fact that there will always be unique developments, hard-to-classify examples that give rise to professional debates.

KEY WORDS: tank, generations of tanks, Iron-Triangle aspect system, Steel-Hexagon aspect system, technical development

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





2. ábra. A Svéd Stridsvagn 103 harckocsit ábrázoló vázlat, amelyen jól kivehető a háromfős kezelőszemélyzet, a fő fegyverzet, és az erőátvitel szokásostól eltérő elrendezése [14]

már a T-14 Armata harckocsi korszaka, amelynek első működő prototípusait a 2014-es Russian Arms Expo védelmi kiállításon mutatták be először.

Az orosz szakértők véleményét figyelembe véve a harckocsigenerációk a következők alapján határozhatók meg:

- Az első generáció típusai az I. világháború utáni időszakban és a 2. világháború alatt kifejlesztett és alkalmazott harckocsik, időben ez 1920 és 1945 közé esik.
- A második generáció típusai az 1946 és 1960 közötti időszakban kifejlesztett és alkalmazott harckocsik.
- A harmadik generáció típusai az 1961 és 1980 között kifejlesztett és alkalmazott harckocsik.
- A negyedik generáció típusai az 1981 utáni időszakban kifejlesztett és alkalmazott harckocsik. [10; 112. o.]

Ennek a rendszerezésnek értelmében az orosz érdekszférában nem készült negyedik generációs típus, mivel az 1976-ban megjelent T-80 típusú harckocsi után nem történt jelentős fejlesztés.

Az amerikai M1A1, a brit Challenger 2 és a német Leopard 2A6 harckocsik egyaránt teljesítik a negyedik generációs követelményeket, a francia Leclerc harckocsi azonban szerintük már az ötödik generációhoz tartozónak tekinthető. [11; 125.o.]

A fent leírtakkal szemben a kanadai szakértők által kidolgozott Szárazföldi Stratégiai Konceptió csupán három generációt említ, amelyek mind a II. világháború utáni időszakban jelentek meg:

- Az első generáció fontosabb típusai például az amerikai M48/M60-as, a német Leopard 1-es, valamint a brit Centurion és Chieftain harckocsik.
- A második generáció típusai a 120 mm űrméretű, fő fegyverzettel ellátott alapharckocsik, például az amerikai M1A1, a német Leopard 2 és a brit Challenger 1 harckocsik.
- A harmadik generáció típusa az előző harckocsiknál később megjelent eszközök, amelyeket elsősorban az elektronikai rendszerek fejlettsége különböztet meg a korábbi típusoktól. Ilyenek például a francia Leclerc, az amerikai M1A2 és a német Leopard 2A5.

Ez a rendszerezési elgondolás a szovjet/ orosz harckocsikra nem tér ki. [12; 8. o.]

A harckocsi-generációk meghatározásánál mindenképpen szükségesnek látszik szerepeltetni az I. világháborús eszközöket is, hiszen

abban az időben alkották meg a harckocsi, a „Tank”¹ fogalmát, és nagyon nehéz elképzelni bármilyen eszköznek a generációk szerinti besorolását, időrendi felosztását, az abból éppen annak a kezdeti fázisai hiányoznak. A harckocsi generációs besorolása nem kapcsolható konkrétan valamilyen konfliktushoz, ebből a szempontból a konfliktus által generált technikai fejlődés a meghatározó. Ezért célszerűnek látszik, hogy a harckocsik generációk szerinti besorolását azok technikai fejlődését jelentő mérföldkövekhez, illetve tömeges alkalmazásukhoz kössük. Természetesen ez sokszor csak nehezen meghatározható, elmosódott határvonalat jelent, amelyet nem lehet élesen, egzakt módon meghúzni, tehát a besorolásokat több évet átfogó toleranciával kell kezelni. Az egyik példa a behatárolhatóság nehézségeire a svéd Strv 103-as harckocsi, amely kifejezetten a svéd hadsereg követelményeinek, a korabeli svéd katonai doktrína elvárásainak megfelelően készült. Bár főleg defenzív képességekkel rendelkező harckocsiról van szó, de korszakalkotó, hidropneumatikus futómű-felfüggesztéssel rendelkezett. Futóműve segítségével képes volt a vízszintes, és korlátozott mértékben a függőleges irányzásra is. A belső elrendezésének köszönhetően a háromfős személyzetből akár egyetlen fő is teljes mértékben képes volt kezelni, vezetni, irányozni az eszközt. Az Strv 103-as erőforrása is különlegesnek mondható, hiszen dízelmotorja mellett egy, a nagyobb hatótávolságú előrevonások biztosításához szükséges, beépített gázturbinával is rendelkezett. A páncélteste a szokásostól eltérő, ék alakú kialakítású volt, és torony nélkül épült, ebből adódóan az előnyös forma és a kis méret jelentős mértékben növelte az eszköz védeltségét. Ez volt az első harckocsi, amely automata töltőberendezéssel rendelkezett, de mindezen újítások ellenére, mivel csak egy ország rendszerezte, az is csak minimális, 290 darabos mennyiségben, nem lehetett korszakalkotó, így nem határozhatott meg egy generációt. [5]

Léteznek olyan harckocsik is, amelyekben csak egy-egy forradalmi megoldás volt megtalálható, de az adott generációt meghatározó többi eszközzel, felszereléssel, egyéb novumokkal nem rendelkeztek. Ilyen volt például az Magyar Honvédség állományába rendszerezített T-72-es harckocsi is, amely a 125 mm űrméretű sima csövű harckocsi-ágyújának köszönhetően, generációjának egyik meghatározó eszköze lehetett volna, de e képesség mellett sem a tűzvezető rendszere, sem a lőszerpalettája, de még az

3. ábra. Az MH egyik T-72A típusú harckocsija vezetési gyakorlat közben (Fotó: honvedelem.hu / Bratkó Balázs)



1. táblázat. Az első generációs harckocsik jellemző képviselőinek fontosabb technikai paraméterei és tulajdonságai (A szerző szerkesztése [14] alapján)

Típus	Gyártó ország	Tömeg (t)	Átlagsebesség (km/h)	Hatótávolság (km)	Kezelő-személyzet (fő)	Fegyverzet	
						mennyiség, kialakítás	űrméret (mm)
Mark V	Anglia	29	4	40	8	2 db ágyú	57
						2 db géppuska	7,7
Renault FT-17	Franciaország	6,7	5	60	2	1 db ágyú	37
A7V	Németország	32	15	60	18	1 db ágyú	57
						6 db géppuska	7,5

eszköz fajlagos teljesítménye sem predesztinálta arra, hogy a fejlettebb generációhoz tartozóvá váljon.

A fenti áttekintés alapján, a harckocsik generációk szerinti, alábbi hat csoportba történő besorolása javasolható:

ELSŐ GENERÁCIÓS HARCKOCSIK (1915–1924)

A harckocsik első generációjába tartoznak a harckocsi születésétől számított, és az I. világháború alatt gyártott, alkalmazott harckocsik, amelyek még az 1920-as évek végén is meghatározták az üzemeltető országok harckocsiállományát. Ezekben az eszközökben jelent meg először az első harckocsikra jellemző szegecselt, vagy csavarozott páncélzat, az akkor korszerűnek tekintett belső égésű benzinmotor, a jellemzően rugózatlan futómű, a szegeccseléssel összeillesztett lánctalp, és a csatahajókról vagy tábori tüzérségtől örökölt, 37–75 mm űrméretű rövid csövű ágyú. Az ágyúk lőtávolsága elérhette a 6500 m-t, de az eszközökkel – irányzórendszer hiányában – irányzott lövést nagyon nehéz volt leadni. [13; 101. o.] Fő feladatuk akkoriban még a gyalogság támogatása volt, hiszen a tömegükkel, terepjáró képességükkel biztosították az áttörést az addig áthatolhatatlannak vélt drótkadályokon és bombatölcséreként keresztül, illetve a páncélzatukkal fedezéket biztosítottak a harckocsit követő gyalogság számára. Bár az akkori viszonyokhoz képest mozgékonyak voltak, sebességük alig érte el a 6 km/h értéket, de a gyalogos lövészkatonák támadásának sebességéhez képest

ez a tempó megfelelő volt. Az első generáció jellemző képviselői a brit MARK IV és V harckocsik, az első forgatható toronnyal szerelt, francia Renault FT-17 kisharckocsi típus, továbbá az egyedüli működőképes német A7V nehéz harckocsi volt. (1. táblázat)

MÁSODIK GENERÁCIÓS HARCKOCSIK (1925–1938)

A második generációba tartozó harckocsik már a két háború között készültek. Az első világháborúban a harckocsiépítésben jeleskedő britek és franciák mellé két új szereplő, Németország és az akkor megalakult Szovjetunió is bekapcsolódott, és hamarosan a harckocsiépítés elkövetkező évtizedeinek meghatározóivá váltak. Megjelentek az öntött harckocsiágyúkkal rendelkező harckocsik, terjedni kezdtek a Christie² futóművel szerelt közepes harckocsik, de a fő fegyverzetet jelentő harckocsiágyúk űrmérete még megmaradt az I. világháborús méreteknél. Az új, rugózott futóművel rendelkező harckocsik már jelentősebb sebességekre voltak képesek mint elődeik, és a lánc folyamatos talajérintkezése miatt a manőverező képességük is jobb volt. A gyorsabb haladás, a nagyobb hadművelleti mozgékonyaság biztosítása érdekében – jellemzően a keleti harckocsiknál –, megjelentek a vegyesen használható, kerekes és lánctalpas futóművel rendelkező harcjárművek is. Jellemző képviselői ennek a generációnak a francia Somua S35-ös, az orosz BT vagy a T-35-ös, a német Pz. I., II. és III., és a brit Vickers Medium II. harckocsik. (2. táblázat)

4. ábra. Egy A7V típusú német harckocsi a munsteri harckocsimúzeum diorámájában (Fotó: Ocskay István)



5. ábra. Egy francia Somua S35-ös harckocsi az aberdeeni Ordnance Múzeumban [15]



2. táblázat. A második generációs harckocsik jellemző képviselőinek fontosabb technikai paraméterei és tulajdonságai
(A szerző szerkesztése [14] alapján)

Típus	Gyártó ország	Tömeg (t)	Átlagsebesség (km/h)	Hatótávolság (km)	Kezelő-személyzet (fő)	Fegyverzet	
						mennyiség, kialakítás	űrméret (mm)
Pz. I.	Németország	5,4	35	140	2	2 db géppuska	7,92
Pz. II.	Németország	7,6	40	190	3	1 db gépágyú	20
						1 db géppuska	7,92
Pz. III.	Németország	15	35	165	5	1 db ágyú	37
						3 db géppuska	7,92
Vickers M II.	Anglia	12	15	100	5	1 db ágyú	47
						4 db géppuska	7,7
CHAR 2C	Franciaország	69	10	150	12	1 db ágyú	75
						4 db géppuska	8,0
Somua S35	Franciaország	19,5	35	200	3	1 db ágyú	47
						2 db géppuska	7,5
BT-7	Szovjetunió	13,8	65	200	3	1 db ágyú	45
						3 db géppuska	7,62
T-35A	Szovjetunió	54	20	180	9	1 db ágyú	76,2
						2 db ágyú	45
						6 db géppuska	7,62

3. táblázat. A harmadik generációs harckocsik jellemző képviselőinek fontosabb technikai paraméterei és tulajdonságai
(A szerző szerkesztése [14] alapján)

Típus	Gyártó ország	Tömeg (t)	Átlagsebesség (km/h)	Hatótávolság (km)	Kezelő-személyzet (fő)	Fegyverzet	
						mennyiség, kialakítás	űrméret (mm)
Pz IV	Németország	25	30	300	5	1 db ágyú	75
						3 db géppuska	7,92
Pz V	Németország	45,5	40	200	5	1 db ágyú	75
						2 db géppuska	7,92
Pz VI	Németország	54	40	120	5	1 db ágyú	88
						3 db géppuska	7,92
Matilda	Anglia	25,5	22	80	4	1 db ágyú	40
						1 db géppuska	7,92
Churchil Mk. VII.	Anglia	40	24	90	5	1 db ágyú	75
						2 db géppuska	7,7
Char B1	Franciaország	27,2	25	200	4	1 db ágyú	75
						2 db géppuska	7,5
Sherman M4	USA	46	35	160	5	1 db ágyú	90
						1 db géppuska	12,7
						2 db géppuska	7,62
M26 Pershing	USA	31	45	200	5	1 db ágyú	75
						2 db géppuska	12,7
T-34/85	Szovjetunió	32	35	320	5	1 db ágyú	85
						2 db géppuska	7,62
ISZ-2	Szovjetunió	46	35	240	4	1 db ágyú	122
						2 db géppuska	7,62
						1 db géppuska	12,7

HARMADIK GENERÁCIÓS HARCKOCSIK (1939–1952)

Harmadik generációs harckocsinak tekinthető a II. világháború alatt kifejlesztett és alkalmazott számtalan típus. Abban az időben szinte megszámlálhatatlan mennyiségben és kialakításban készültek eszközök a különféle igények kielégítésére, megalapozva ezzel a klasszikus, tömegszerinti felosztásukat a könnyű, közepes, nehéz kategóriákban. Megjelent a – később térhódító és általánossá váló – torziós rugózási rendszer, a nagy űrméretű harckocsiágyú, amely már képes volt a kumulatív gránátok tüzelésére is. Miután felismerték a harckocsik harctéri dominanciáját, Amerikában is megkezdődött a harckocsigyártás.

Először a szovjet harckocsiknál jelent meg a döntött, hegesztett páncélok alkalmazása, valamint a kevésbé gyúlékony tüzelőanyagot használó, dízelüzemű harckocsimotorok használata. A dízelmotor alkalmazása az alacsonyabb tüzelőanyag-fogyasztásból adódó kisebb logisztikai igénye miatt is előnyösnek bizonyult. A futógörgők független felfüggesztésének előnyös tulajdonságai jelentős mértékben javították a harckocsi mozgékonyágát, ezáltal terepen is elérhetővé vált a 35–40 km/h-s sebesség. A harctereken előnybe kerültek a rádiós összeköttetéssel rendelkező harckocsik.

A német harckocsik esetében jelentősen nőtt a tüzérv – bár stabilizált lövést még nem lehetett leadni velük – és a páncélvastagság növelésével nőtt a védettségük is, de ezzel el is érték a korszak tömeg- és teljesítményhatárait. Az amerikai harckocsikban megjelentek az első automata sebességváltók, és a német eszközök egy részénél lehetővé vált a harckocsik helyben fordulása is.

A tüzérv növelésének egyik elemét a korszerű lőszerkegyártása jelentette, és a brit harckocsik körében megjelent

az űrméret alatti – igaz még nem leváló köpenyes – harckocsigránát, illetve a páncéltörő robbanó lövedék³ is. [5; 102.o.] A brit harckocsikon a II. világháború utolsó éveiben jelent meg az eredetileg a brit királyi haditengerészet számára kifejlesztett kompakt optikai távolságmérő rendszer. Egyes német harckocsik tornyán pedig – bár igen kezdetleges formában – megjelentek az első aktív rendszerű⁴ éjjellátó berendezések is, ezzel utat nyitva a későbbi fejlesztéseknek. A generáció jellemző képviselői az amerikai Sherman M4-es és M26 Pershing, a szovjet T-34-es és ISZ-2-es, a német Pz IV, V és a Pz VI, valamint a brit Matilda és Churchill harckocsik. (3. táblázat)

NEGYEDIK GENERÁCIÓS HARCKOCSIK (1953–1964)

A negyedik generációra jellemző harckocsik még a II. világháború követelményrendszer alapján készültek, de van már köztük olyan is, amely a világháború harcaiban nem, vagy csak prototípusként, tesztelési céllal vett részt. Ebben a generációs kategóriában még megtalálhatók a korábban közepes és nehéz harckocsinak besorolt páncélozott harcjárművek is, amelyekből új kategóriaként kifejlődött az „alapharckocsi”, amely egyesíti az előző két kategória ismérveit, és egy általános, „minden feladatra alkalmas” harckocsit testesít meg. Ennek első képviselője a brit Centurion volt.

A generáció képviselőinek tulajdonságait – követve a világháborús trendet – a minél nagyobb tüzérv és a minél vastagabb homogén acélpáncélzat jellemzi⁵, a mozgékonyág háttérbe szorítása mellett. A döntött homlokpáncél alkalmazása általánossá vált, hasonlóan az alacsony sziluettű torony kialakításhoz. A tüzérv tekintetében a ge-

6. ábra. Egy T-34/85 harmadik generációs harckocsi az amerikai Danville-ben található AAF (American Armoured Foundation, Inc.) múzeumban (Fotó: Ocskay István)



4. táblázat. A negyedik generációs harckocsik jellemző képviselőinek fontosabb technikai paraméterei és tulajdonságai
(A szerző szerkesztése [14] alapján)

Típus	Gyártó ország	Tömeg (t)	Átlagsebesség (km/h)	Hatótávolság (km)	Kezelő-személyzet (fő)	Fegyverzet	
						mennyiség, kialakítás	űrméret (mm)
Type 61	Japán	35	40	200	4	1 db ágyú	90
						1 db géppuska	12,7
Centurion	Anglia	57	38	190	4	1 db ágyú	105
						2 db géppuska	7,62
AMX-13	Franciaország	15	55	400	3	1 db ágyú,	75
						2 db géppuska	7,5
M47 Patton	USA	48,5	30	130	5	1 db ágyú	90
						1 db géppuska	12,7
						2 db géppuska	7,62
M48 Patton II.	USA	48,5	30	130	5	1 db ágyú	90
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
M60	USA	52	30	500	4	1 db ágyú	105
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
T-55	Szovjetunió	36	50	550	4	1 db ágyú	100
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
T-62	Szovjetunió	40	45	500	4	1 db ágyú	115
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62

nerációra jellemző a 90 és 105 mm közötti harckocsiágyú-űrméret. Az irányzott lőtávolság, álló harckocsi esetében elérte a 3000 métert, azonban a megbízható és hatékony stabilizátorrendszerek hiánya miatt a menetből történő célleküzdés távolsága 200 méter alatt maradt. [5] A gyalogság semlegesítésére, a párhuzamosított géppuskán felül ezek a harckocsik még rendelkeztek homlokgéppuskával is, ezenfelül megjelennek a toronyra épített, a harckocsi parancsnok által kezelt légvédelmi géppuskák is. A mozgékony túlnyomóan a rendelkezésre álló hajtómű teljesítményétől, és a futómű kialakításától függ. A torziós tengellyel rendelkező futóművek hatására, ebben az időszakban kezdtek kiszorulni a csavar- és laprugós felfüggesztésű harckocsik, mint az M4 Sherman, és annak generációs szovjet társa, a csavarrugós felfüggesztéssel rendelkező T-34/85 típus.

Akkoriban kiemelt figyelem fordult a vízi akadályokra, és a fejlesztések eredményeként, a harckocsik jelentős része alkalmassá vált a 1–1,5 méteres gázló menetből, illetve 4–5 méter mély vízi akadály előkészítés utáni leküzdésére. [13; 105. o.] Szintén ennek a generációnak az idejében kezdett eltűnni a harckocsi-palettaról a nehéz harckocsi kategória, amelynek alacsony mozgékonyasága a korszerű harc követelményeinek már nem felelt meg. Ezzel egy időben azonban felértékelődtek a könnyű harckocsik, kiemelve ezzel a légi szállíthatóság lehetőségét és fontosságát. Az atomháború árnyékában kezdenek megjelenni a harckocsikba épített ABV-védelmi rendszerek, és folyamatosan korszerűsödnek az éjszakai harc megvívásához szükséges

elektro-optikai rendszerek. A generáció jellemző képviselői: a szovjet T-54/55-ös, és a T-62-es; az amerikai M47-es és M48-as, majd az M60-as; a brit Centurion, a francia AMX-13-as, valamint a japán Type-61-es harckocsik. (4. táblázat)

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Turcsányi Károly. „Melyik volt a legjobb harckocsi? – gyakran feltett kérdés, hibás válaszokkal” *Haditechnika* LII. évf. 5. szám (2018): 69–75. <http://doi.org/10.23713/HT.52.5.13>;
- [2] Bombay László, Gyarmati József és Turcsányi Károly. *Harckocsik – 1916-tól napjainkig*. Budapest, Zrínyi Katonai Kiadó (1999);
- [3] Jorgensen, Christer – Mann, Chris. (2001) *Harckocsi-hadviselés: a harckocsik szerepe a háborúkban: (1914–2000) (Tank Warfare.)* Amber Books Ltd., ISBN 963-9329-27-4;
- [4] Szkacsko, P. G. (1982) *Harckocsik és harckocsi-sapatok*. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest. ISBN 963-326-111-2;
- [5] Ford R. *The World's Great Tanks from 1916 to the Present day*. Brown Books Ltd., London, 1997. ISBN 189788429X;



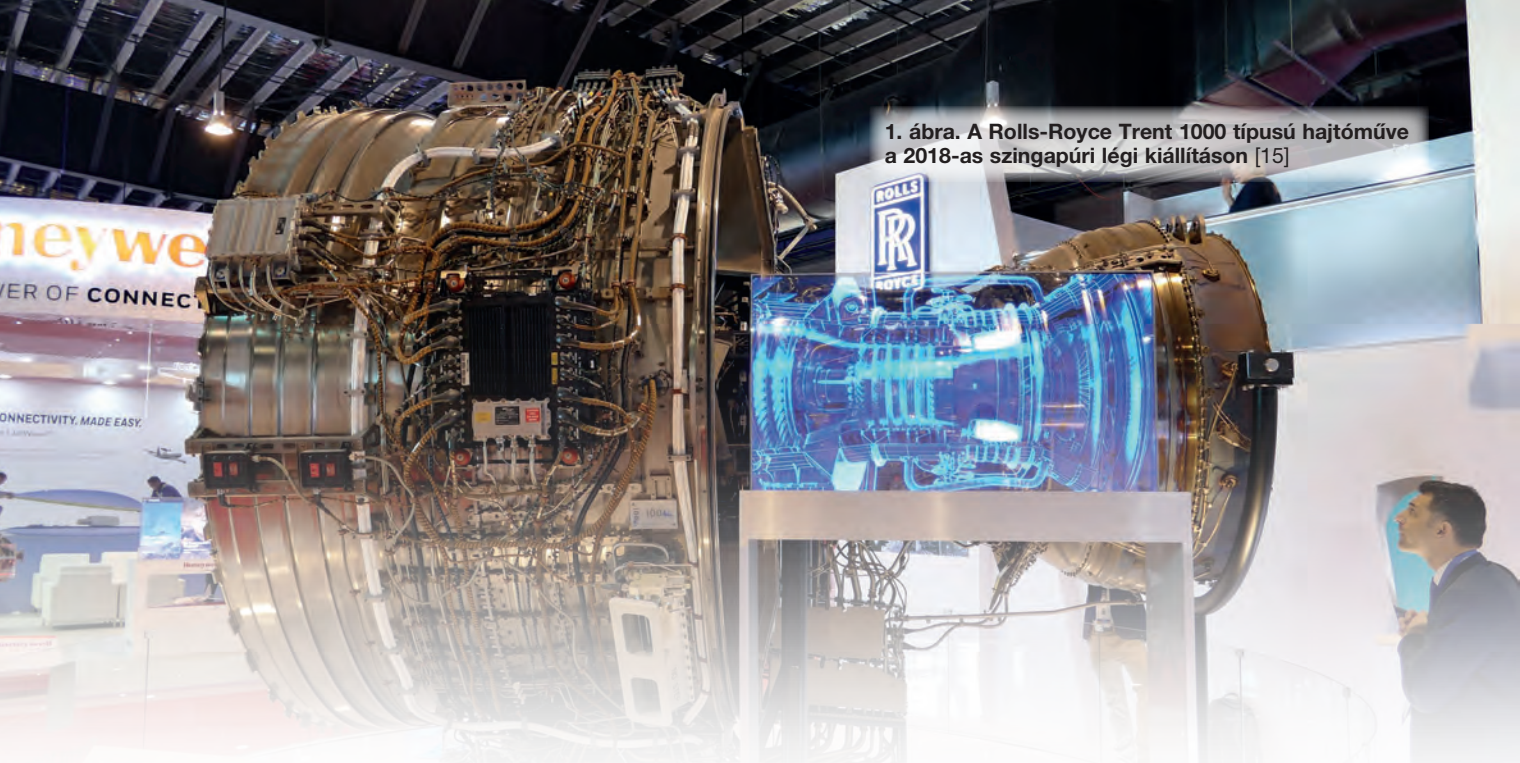
7. ábra. Egy brit Centurion Mark 1-es alapharcocsi a Bovingtonban található harcoksimúzeumban (Fotó: HT archív / Kovács László)

- [6] Ogorkiewicz, Richard M. Technology of Tanks Janes Information Group; Slp edition (1991) ISBN 9780710605955;
- [7] Ogorkiewicz, Richard M. Tanks: 100 Years of Evolution Osprey Publishing (2015) ASIN: B01BY305T2;
- [8] Foss, C. F. Jane's Tanks and combat vehicles recognition guide Harper Collins Publisher, London, 2000. ISBN 0004724526;
- [9] Zaloga, Steven. Battleground: The Greatest Tank Duels in History Osprey Publishing (2011) ISBN: 9781849085519;
- [10] Холявский, Л. Г. Танки и их поколения // Полная энциклопедия танков мира 1915–2000 г. Москва 1998. (Библиотека военной истории) ISBN 9851386030;
- [11] Холявский, Г. Энциклопедия Танков, Полная энциклопедия танков мира 1915–2000 г. АСТ, Москва 1998. ISBN 9854332535;
- [12] Lamontagne, P. Are the days of the main battle tank over? Canadian Forces College, Kingston, Ontario, Canada, 2008.;
- [13] Stefancsik F. A harcokcsi múltja, jelene és jövője. Új Honvédségi Szemle LXI. évfolyam, 10. szám, Budapest, 2007. ISSN 12167436;
- [14] Forrás: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:10_5_cm_kan_strv_103.png (Letöltés: 2022.10.28.);
- [15] Forrás: Mark Pellegrini, CC BY-SA 2.5, via Wikimedia Commons https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Char_1935_S_Somua_1.jpg (Letöltés: 2022.10.28.).

JEGYZETEK

- 1 A tank elnevezés eredete a TANK kódzó, amely a harcokcsi fedőneve volt az I. világháborúban, az angol watertank, azaz „víztartály” szó rövidítése.
- 2 John Walter Christie (River Edge, New Jersey, 1865. 05. 06. – Falls Church, Virginia, 1944. 01. 11.) amerikai mérnök, sikeres konstruktor. A Christie-féle futómű alapötlete a lánctalp nélküli üzemmód fejlesztésére vezethető vissza. Lánctalp nélküli üzemmódban a meghajtott görgő egy kis hajtásláncon keresztül adta át a kihajtást a hátsó futógörgőnek, az első kerék pedig kormányozható volt. A később, amikor a lánctalp nélküli működtetés igénye már fel sem merült, megtartották ezt a szerkezetet, mivel a harcjárműnek stabil futást, jó terepjáró képességet biztosított.
- 3 HESH – High Explosive Smashed Head – nagy robbanóerejű rogyóképus lövedék.
- 4 Aktívrendszerű éjjellátó készülékről akkor beszélünk, amikor a cél infravörös fényrel történő megvilágításából visszaverődő sugarakat használunk fel az éjszakai kép megalkotásához.
- 5 RHA – Rolled Homogeneous Armor (A hengerelt homogén páncél egy olyan járműpáncél, amely egyetlen acéllösszetételből készül, az anyagjellemzők javítása érdekében melegen hengerelve, szemben a réteges vagy cementezett páncélzattal.)

1. ábra. A Rolls-Royce Trent 1000 típusú hajtóműve a 2018-as szingapúri légi kiállításon [15]



Dr. Varga Béla*

A gázturbinás repülőgép-hajtóművek fejlesztési irányai **I. rész**

REPÜLŐGÉP PROPULZIÓS RENDSZEREK

Repülőgép-hajtómű alatt egy erőgép és egy munkagép egy egységben történő alkalmazását értjük, amelynek feladata a repülőgép mozgatásához szükséges vonóerő, vagy tolóerő létrehozása. (Ideértendő az erőgép és a munkagép közötti közlőmű is, amely az erőgép fordulatszámát a kívánt mértékre csökkenti.) Az erőgép kifejezés alatt napjainkban még legtöbb esetben hőerőgépet értünk, amely a termodinamikai körfolyamatok valamelyikét (az Otto-, Diesel-, Brayton'-féle változatban) valósítja meg. A munkagép a hajtómű azon szerkezeti egysége, amely a toló(vonó)erő közvetlen létrehozását biztosítja valamilyen közegáram felgyorsításával. A közegáram lehet a környező

levegő, vagy a hőerőgép forró munkaközege, illetve mindkettő együttesen.

A VONÓERŐ MEGHATÁROZÁSA

A vonóerő egy olyan mechanikai erő, amely valamilyen közegáram felgyorsításának következtében jön létre, nagysága a felgyorsított közeg tömegáramától és a felgyorsítás mértékétől függ, iránya pedig Newton III. törvényének értelmében a felgyorsítással ellentétes irányú. Ennek az erőnek a meghatározásához legalkalmasabb az impulzustétel, mivel egyrészt bármely propulziós rendszerre egyaránt alkalmazható, másrészt nem szükséges ismernünk a pro-

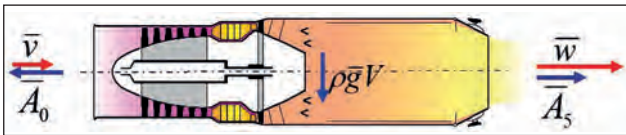
ÖSSZEFOGLALÁS: A szerző tanulmányában bemutatja a propulziós rendszerek működését, a tolóerő keletkezésének összefüggéseit, ezen belül részletesen foglalkozik a gázturbinás propulziós rendszerek típusaival és szerkezeti kialakításukkal. Tárgyalja a hajtóművek hatásfokát meghatározó tényezőket, a hatásfok növelésével kapcsolatban az azokban rejlő lehetőségeket és korlátokat, valamint a hatásfok és a klímaváltozás jelentősége miatt is fontos szén-dioxid-kibocsátás összefüggéseit. Ismerteti a nemzetközi légiforgalmat érintő, a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére irányuló intézkedéseket, és hogy azok milyen kihívásokat jelentenek a repülőgép-hajtóművek fejlesztése szempontjából. Vizsgálja az alternatív tüzelőanyagok alkalmazásának lehetőségét, valamint azok a hajtómű termikus hatásfokára, és fajlagos hasznos munkájára kifejtett hatását. Foglalkozik a gázturbinás hajtóművek égőtereinek kialakításával, kémiai, termodinamikai és gázdinamikai kérdéseivel, valamint a keletkező égéstermék összetételével.

KULCSSZAVAK: gázturbinás hajtómű, szén-dioxid-kibocsátás, alternatív tüzelőanyagok, égőterek

ABSTRACT: In his study, the author presents the operation of propulsion systems, the basic principles of the thrust production, and deals in detail with the types of gas turbine propulsion systems and their structural design. He discusses the factors that determine the efficiency of engines, the possibilities and limitations in efficiency enhancement, as well as the correlations between efficiency and carbon dioxide emission, which are important due to the increasingly pressing climate change. He describes the measures aimed at reducing carbon dioxide emissions affecting international air traffic and what challenges they pose in terms of the development of aircraft engines. He investigates the possibility of using alternative fuels and their effect on the thermal efficiency and specific net work output of the engine. He deals with the design of the combustion chambers of gas turbine engines, chemical, thermodynamic and gas dynamic issues, and the composition of the combustion products.

KEY WORDS: gas turbine engine, carbon dioxide emissions, alternative fuels, combustion chambers

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



2. ábra. A propulziós rendszerek tolóerejének meghatározása (A szerző szerkesztése [1] alapján)

propulziós rendszerben lejátszódó folyamatokat, csupán néhány paramétert a rendszer belépő és kilépő keresztmetszetében. Nevezetesen a tömegáramot (\dot{m}), a repülési sebességet (\bar{v}), a kilépő sebességet (\bar{w}), a belépő és kilépő keresztmetszeteket (\bar{A}_0) és (\bar{A}_5), valamint a környezeti nyomást (p_0) és a kilépő keresztmetszet nyomását (p_5) (2. ábra).

Az impulzustétel szerint (1) egy nyitott rendszeren áthaladó közeg impulzusának változása ($\frac{d\bar{l}}{d\tau} = \int_{A'} \bar{c}\rho\bar{c}d\bar{A}$) egyenlő a rendszeren belül ráható térfogati ($\int_V \rho\bar{g}dV$) és felületi erők ($\int p\bar{d}\bar{A}$), valamint az áramlásba helyezett test által az áramlásra ható erők (\bar{F}_R) előjelhelyes összegével, ahol A' az áramlás szempontjából szabad keresztmetszeteket (\bar{A}_0) és (\bar{A}_5), V pedig a rendszer térfogatát jelenti.

$$\frac{d\bar{l}}{d\tau} = \int_{A'} \bar{c}\rho\bar{c}d\bar{A} = \int_V \rho\bar{g}dV - \int_{A'} p\bar{d}\bar{A} + \bar{F}_R \quad (1)$$

Ez utóbbi (erő fontos számunkra, mivel a hatás-ellenhatás törvénye értelmében amekkora erővel hatott az áramlásra a vizsgált test, az áramlás ugyanakkora erővel fog visszahatni a vizsgált testre. Ennek megfelelően átrendezve az (1) egyenletet, kapjuk a (2) egyenletet.

$$\bar{F}_R = \int_{A'} \bar{c}\rho\bar{c}d\bar{A} + \int_{A'} p\bar{d}\bar{A} - \int_V \rho\bar{g}dV \quad (2)$$

Kibontva az integrált tagokat – feltételezve, hogy a sebességeloszlás egyenletes a be- és kilépés keresztmetszeteiben, valamint tekintve, hogy a térfogati erők elhanyagolhatók a többi erőhöz képest (tulajdonképpen a rendszerben aktuálisan bent lévő munkaközeg súlya néhány tíz Newtonra tehető) – kapjuk a (3) egyenletet, ahol a 0-s a belépő, az 5-ös index a kilépő keresztmetszetet jelenti.

$$\bar{F}_R = \bar{v}\rho_0\bar{v}\bar{A}_0 + \bar{w}\rho_5\bar{w}\bar{A}_5 + p_0\bar{A}_0 + p_5\bar{A}_5 \quad (3)$$

Ez még továbbra is vektoriális összegzés, ahol a vektorok hatásvonalai egybeesnek a repülőgépjárművel, amelynek következtében áttérhetünk skaláris tárgyalásra (4).

$$F = \dot{m}_5 w - \dot{m}_0 v + p_5 A_5 - p_0 A_0 \quad (4)$$

Ha eltekintünk a tömegszaporulattól (pl. elégetett tüzelőanyag), vagy tömegcsökkenéstől (levegőelvételek a kompresszortól), vagyis $\dot{m} = \rho\bar{v}\bar{A}_0 = \rho\bar{w}\bar{A}_5$, valamint feltételezzük teljes expanzió esetére, hogy $p_5 = p_0$ és $A_5 = A_0$, akkor a következő egyszerű egyenletet kapjuk:

$$F = \dot{m}(w - v) \quad (5)$$

Az (5) egyenletnek megfelelően a vonóerő (tolóerő) értéke függ a megmoz-

gott közegmennyiségtől és a közeg felgyorsításának mértékétől, más néven a fajlagos vonóerőtől. Ez minden propulziós elven működő hajtásra érvényes (légszaváros repülőgép, gázturbinás repülőgép-hajtóművek, hajócsavar, helikopter-forgószárny, evezőlápát).

A PROPULZIÓS RENDSZEREK OSZTÁLYOZÁSA

Bár a tolóerő (vonóerő) képzés szerint valamennyi propulziós rendszer (hajtómű) – szerkezeti kialakításuk különbözősége ellenére – azonos alapelv szerint működik, a különbözőségek alapján lehetőség nyílik az osztályozásukra. (3. ábra)

Az osztályozás első szempontja, hogy a hajtómű hőerőgép egysége a tüzelőanyag elégetéséhez környezeti levegőt használ, vagy az égést tápláló oxigént is a fedélzeten tárolja (szállítja). Ez utóbbiak a rakéták, de mivel ezek repülőgép propulziós rendszerként történő használata elhanyagolható, így ezúttal ezekkel nem foglalkozunk.

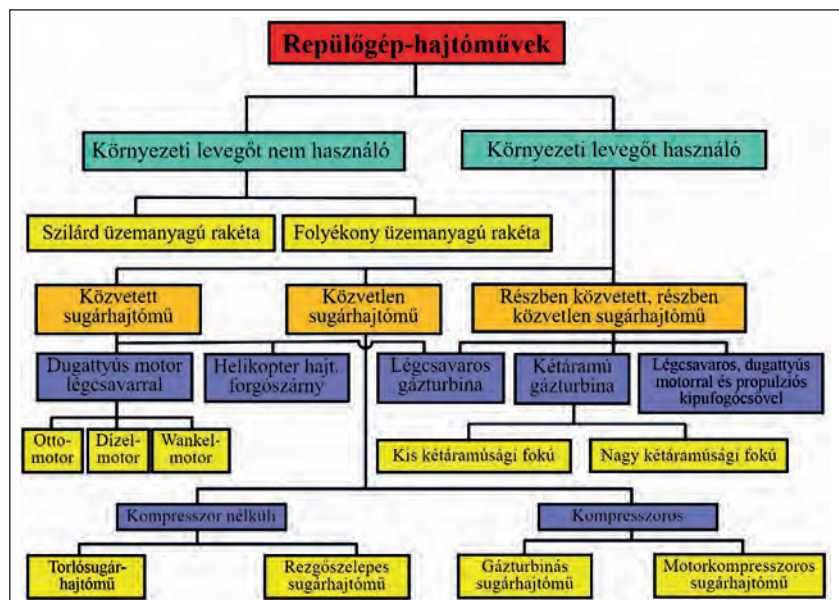
A környező levegőt az égéshez felhasználó hajtóművek három kategóriába sorolhatók:

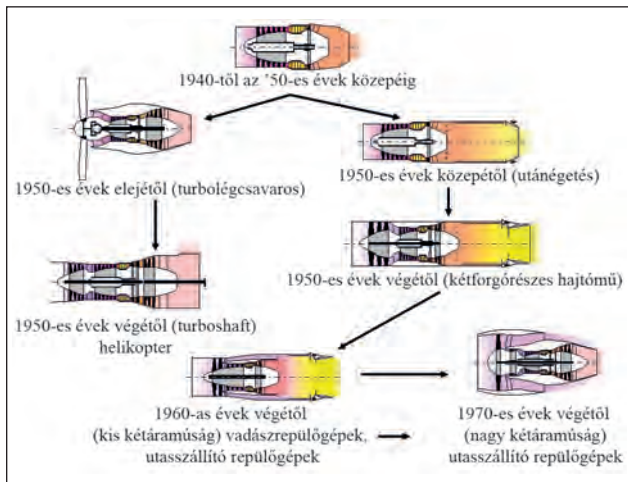
- közvetett sugárhajtóművek: a felgyorsított közeg a környező levegő;
- közvetlen sugárhajtóművek: a felgyorsított közeg a hőerőgép munkaközeg;
- részben közvetett, részben közvetlen sugárhajtóművek: a felgyorsított közeg részben a környező levegő, részben a hőerőgép munkaközeg.

Láthatóan mind a három fenti csoportban megjelentek a gázturbinás hajtóművek, amelyek a múlt század ötvenes éveitől – a kisépítés repüléstől eltérően – egyeduralmódóká váltak, mint repülőgép propulziós rendszerek.

A gázturbinás hajtóművek a belső égésű motorok csoportjába tartoznak (4. ábra). Ezek maguk nevezett központi egységét egy kompresszor és turbina, valamint a köztük lévő égőtér alkotja. Ezeket a szerkezeti egységeket gyakran gázgenerátornak is hívják, mivel a turbina kilépő keresztmetszetét nagy energiájú és nyomású, forró égéstermék hagyja el, amely a gázgenerátorban keletkezik. Ez az energia a hajtómű fajtájától függően más-más módon hasznosul.

3. ábra. A repülőgép-hajtóművek osztályozása (A szerző szerkesztése)





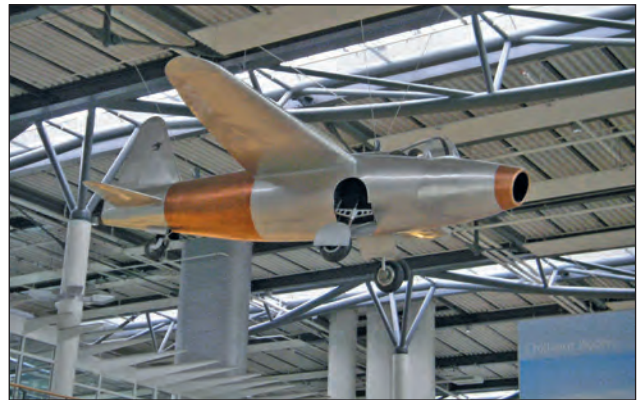
4. ábra. A gázturbinás hajtóművek fejlődési folyamata (A szerző szerkesztése)

Az első, gyakorlatban alkalmazott gázturbinás hajtóművek estében a tolóerő létrehozásának eszköze a hajtómű utolsó részegysége, az ún. fúvócső volt. A zárójelben az angol terminológia szerinti elnevezése olvasható. Ezzel meg is született a gázturbinás hajtóművek első kategóriája, az *egyáramú gázturbinás sugárhajtómű* (turbojet). Hamarosan azonban megindult a további specializálódásuk, és három újabb, jól elkülöníthető kategória jelent meg. Ezek a *turbólégcsavaros hajtóművek* (turboprop, avagy légcsavaros gázturbina), a *kétáramú sugárhajtóművek* (turbofan) és a *tengelyteljesítményt szolgáltató gázturbinás hajtóművek* (turbojet). A 4. ábra, fentről jobbra lefelé három – némileg módosított – egyáramú gázturbinás sugárhajtóművet szemléltet. Az alsó két ábrán kétáramú gázturbinás sugárhajtómű látható, amelyek között a különbséget a kétáramúsági fokuk² jelenti. A bal oldali kis kétáramúsági fokú gázturbinás hajtóművek manapság a harcászati repülőgépek, illetve a könnyű kiképző harcászati repülőgépek jellemző hajtóművei.

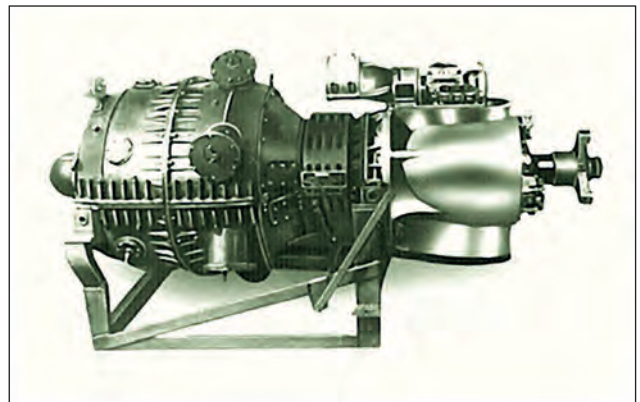
A jobb oldali nagy kétáramúsági fokú hajtóműveket az utasszállító repülőgépeknél alkalmazzák. Az ábra egyfajta evolúciós folyamatot is mutat, amelynek során az utasszállító repülőgépek az egyáramú sugárhajtóművektől eljutottak a nagy kétáramúsági fokú (6–12) hajtóművekig, jelentősen előre lépve ezzel fajlagos tüzelőanyag-fogyasztásuk³ csökkentésében (hatásfokuk növelésében). Az ábra bal oldalán, a felső turbólégcsavaros gázturbinás hajtóművek (turboprop) a katonai szállító repülőgépek és a kis hatótávolságú, jellemzően kis és közepes méretű polgári utasszállító repülőgépek hajtóművei. Ez alatt egy tengelyteljesítményt adó gázturbina „(turbó)tengelyes” következik. A magyar szaknyelvben ennek a hajtómű kategóriának a megnevezésénél tapasztalható a legnagyobb bizonytalanság. Ma a magyar terminológiában erre nincs is olyan jellemző megnevezés, mint az angol „turboshaft engine”, vagy az orosz „турбовальный двигатель”.

A GÁZTURBINÁS HAJTÓMŰVEK KIALAKULÁSA⁴

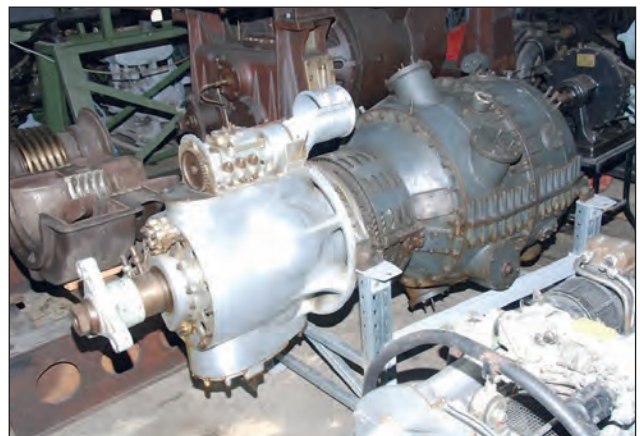
A II. világháborút követően a megnövekedett sebesség-, és az azzal közbös összefüggésben álló teljesítményigény miatt a tervezők a dugattyús-légcsavaros repülőgépmotorok helyett új megoldásokat kerestek. Meg kell említeni az angol Whittle⁵ kiemelendő munkásságát, aki az első olyan gázturbinás hajtóművet készítette el, amely már minden



5. ábra. Heinkel 178, az első gázturbinás repülőgép [2]



6. ábra. Jendrassik tengelyteljesítményt szolgáltató gázturbinája [3]



7. ábra. Jendrassik tengelyteljesítményt szolgáltató CS-1 gázturbinája. A típusjelzés a „Csónakmotor” elnevezésre utal, a tárgy a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum Műszaki Tanulmánytárában látható (Forrás: MMKM)

olyan gépegységgel rendelkezett, amivel egy mai modern gázturbinás hajtómű is. A német Hans von Ohain⁶ tervezte az első működőképes repülőgépbe épített gázturbinás sugárhajtóművet, a Heinkel HE S3-at, amely az első sugárhajtású repülést lehetővé tette. (5. ábra)

Itt kell megemlékeznünk a magyar Jendrassik Györgyről, a Ganz-gyár mérnökéről, akinek 1938-ban megépített gázturbinája (6., 7. ábra) 16 400 f/min fordulatszámra és 72,5 kW teljesítménnyel 21,2% effektív hatásfokot ért el. A turbina előtti maximális gázhőmérséklet 475 °C, kompresszorának nyomásviszonya 2,2 volt. Ilyen alacsony turbi-

na előtti gázhőmérséklettel, illetve ilyen kis méretű géppel mind a mai napig nem értek el ilyen jó hatásfokot. Újszerű volt mind az axiális kompresszor, mind a turbina: mindkető enyhén ívelt lapátokkal, feles forgással (50% reakciófok). A kompresszor fokozati hatásfoka 85%, a turbináé 88% volt. [3]

EGYÁRAMÚ GÁZTURBINÁS HAJTÓMŰVEK (TURBOJET)

Már a II. világháború idején egyre több repülőgéptípusban megjelentek a gázturbinás hajtóművek, így például a Messerschmitt Me 262-esben, az Arado 234-esben, vagy a szövetségesek részéről a Gloster Meteor repülőgépekben (bár ez utóbbi nem kapott még harctéri szerepet). Az 1950-es években azután végképp és visszavonhatatlanul berobbant a repülésbe a gázturbinás korszak.

A 8. ábra a korai gázturbinás korszak (az 1940-es évek közepétől az 1950-es évek közepéig) hajtómű-elrendezését szemlélteti. Jellemzője a centrifugál kompresszor, amely szükségszerűen nagy törzsátmérőt eredményezett. A centrifugál kompresszor lekorlátozta a maximális kompresszor nyomásviszonyt is. A konstrukciós megoldás jellegzetessége volt még a csöves égőtér. Ezek a hajtóművek



8. ábra. A 031-es oldalszámú MiG-15 típusú, első generációs sugárhajtású vadászrepülőgép VK-1-es hajtóműve a tököli repülőtéren 2021-ben (Fotó: a szerző saját felvétele)

9. ábra. A Tumanszkij R-11 a Szovjetunióban, az 1950-es évek elején a Szergej Tumanszkij[®] vezette OKB-300 tervezőirodában kifejlesztett gázturbinás sugárhajtómű volt, amelyet főként a MiG-21 vadászrepülőgép változatainál alkalmaztak [4]



1. táblázat. Egyáramú gázturbinás hajtóművek és egy ma is gyártott, kis méretű típus jellemző paramétereinek összehasonlítása (A szerző szerkesztése [5] alapján)

Jellemző paraméterek	I. generációs	II. generációs	TJ-100
Tolóerő [kN]	8–30	40–80	1
Tömegáram [kg/s]	20–50	40–100	1,7
Tolóerő utánégetéssel [kN]	nincs	60–120	–
Kompresszor-nyomásviszony [-]	2,5–5	10–16	~3,5–4
Turbina előtti gázhőmérséklet [K]	1100–1200	1300–1500	~1070
Fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás [kg/Nh]	0,11–0,13	0,085–0,12	0,107
Hajtóműtömeg [kg]	700–900	1000–2200	16,5
Termikus hatásfok [%]	15–30	25–35	~23

tekinthetők a sugárhajtású repülőgép-gázturbinák első generációjának, a rájuk jellemző adatokat a 1. táblázat tartalmazza.

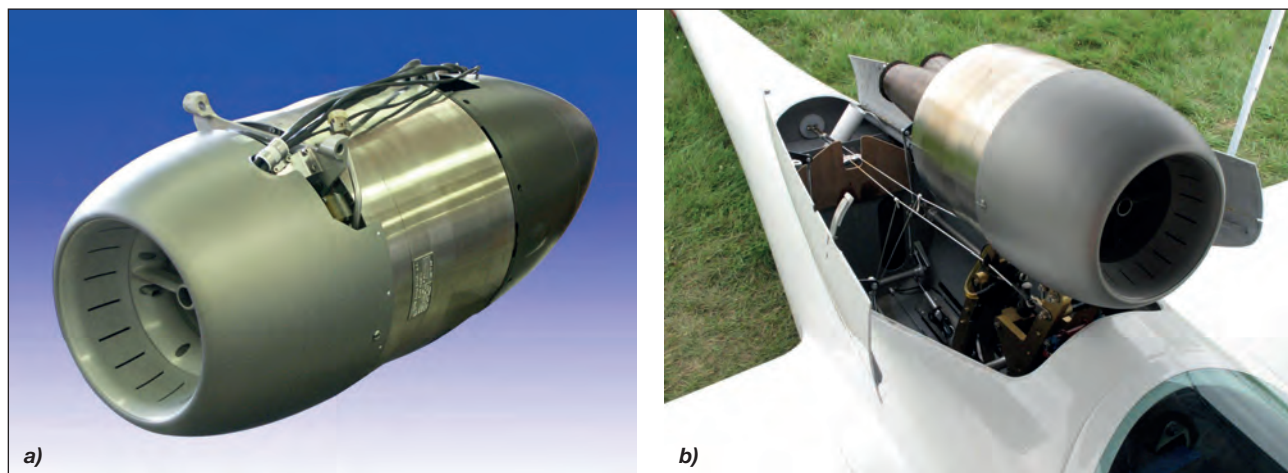
Az egyáramú gázturbinás hajtóművek következő generációjának az 1950-es évek második felétől az 1970-es évek közepéig beépített hajtóművek tekinthetők. (9. ábra) Ezek axiál kompresszorral, egy vagy két forgórészes kivitelben készültek. Az első két forgórészes a Bristol Siddeley Olympus hajtóműve volt 1950-ben. Az egymástól függetlenül forgó kis- és nagynyomású forgórészek alapvetően a hajtóművek pompázs jellemzőit javították, amely a kompresszorlapátok áteséséből következő, a hajtómű működésére veszélyes jelenség.

A kompresszor fokozatok száma elérheti a 17-et is (például a híres General Electric J79 hajtómű esetében). A fokozatok alacsony egyenkénti nyomásviszonya azonban ennek ellenére is mérsékelt kompresszor-nyomásviszonyt tett lehetővé. (1. táblázat) Az egyáramú gázturbinás hajtóművek legtöbbször csöves-gyűrűs égőtérrel készültek és az 1950–60-as években utasszállító repülőgépekbe is beépítésre kerültek. A Concorde volt az utolsó utasszállító repülő típus, amelyben egyáramú gázturbinát alkalmaztak. Az Olympus 593 típusú hajtómű a szuperszonikus sebesség elérése miatt utánégetőt is tartalmazott, amely az utasszállításban unikális jelenség volt.

A gázturbinás hajtóművek katonai felhasználása általában utánégetővel rendkívül elterjedt volt. Manapság ezek a hajtóművek jobbra kiszorultak a repülésből. A fenti hajtóművekkel szerelt repülőgépek elavulttá váltak és kivonásra kerültek, vagy néhány éven belül kivonásra kerülnek.

Ezt a hajtóműkategóriát még a mai korszerű technológiával sem lehetne hatékonyra, üzemanyag-takarékossá tenni. Természetesen ez nem jelenti azt, hogy ma már nem gyártanak ilyen hajtóműveket (10. ábra), de ezek – bár működési alapelveik szerint azonosak –, strukturálisan azonban teljesen mások, mint az elődeik; méretük és tolóerejük a töredéke a korábbi társaiknak. A tolóerő általában kisebb 1 kN-nál (2. táblázat), így főként pilóta nélküli légi járművek





10. ábra. A negyedik generációs PBS TJ-100 hajtómű és alkalmazása vitorlázó repülőgépen [6]

2. táblázat. Kis kétáramúsági fokú gázturbinás hajtóművek jellemző paraméterei (A szerző szerkesztése)

Jellemző paraméterek	Többfeladatú, harcászati repülőgép	Könnyű kiképző támadórepülőgép
Tolóerő [kN]	50–80	15–30
Tolóerő utánégetéssel [kN]	80–120	általában nincs
Tömegáram [kg/s]	60–100	30–50
Kétáramúsági fok [-]	0,3–0,6	0,5–2
Kompresszor-nyomásviszony	25–35	10–20
Turbina előtti gáz hőmérséklet [K]	1600–1900	1300–1500
Fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás [kg/Nh]	0,075–0,08	0,08–0,083
Hajtóműtömeg [kg]	800–1200	300–600
Termikus hatásfok [%]	> 40	30–40

(Unmanned Aerial Vehicle – UAV) meghajtására, a kisebb méretűek modell hajtóművekként, illetve kísérleti labormérésekre alkalmazhatók. Természetesen felépíthetők ilyen hajtóművek repülőgépekre is, például vitorlázó repülőgépre, de amíg egy dugattyús segédmotor óránként 4–5 liter benzinnel megelégszik, a fenti kis gázturbinás hajtómű 100–120 liter kerozint is elfogyaszt óránként.

KÉTÁRAMÚ GÁZTURBINÁS HAJTÓMŰVEK (TURBOFAN)

A múlt század hatvanas éveitől mind a polgári, mind a katonai repülésben az egyszerű, egyáramú sugárhajtóműveket felváltották a kétáramú hajtóművek. A legfontosabb különbség a két típus között, hogy a hajtóműbe beszívott levegő egy része elkerüli a gázgenerátor-egységet, és a tolóerő egy része az ún. külső áramban keletkezik. Ennek mértéke a kétáramúsági fokkal jellemezhető, amely a külső és a belső (gázgenerátor egység) tömegáramainak viszonyszámát jelenti. A kétáramúság jelentősen javította a hajtóművek propulziós hatásfokát, ezen keresztül pedig a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztását. Először a kis kétáramúsági fokú hajtóművek jelentek meg, majd ez a kétáramúsági fok folyamatosan növekedett a kereskedelmi repülőgépek kétáramú hajtóműveiben. Kis kétáramúsági fokúnak nevezhetjük azt a hajtóművet, amelynek a kétáramúsági foka kisebb, mint kettő.

A Rolls-Royce Conway (11. ábra) volt a világ első, sorozatban gyártott kétáramú hajtóműve 0,3-es kétáramúsági

fokkal, hasonlóan a modern General Electric F404 (RM 12) hajtóműhöz. A prototípus 1950 januárjában készült el, később a típust Boeing B-707, Douglas DC-8, Vickers VC10 utasszállító repülőgépekbe is beépítették.

Az 1960-as évek polgári alkalmazású, kétáramú hajtóművei, mint például a Pratt & Whitney JT8D és a Rolls-Royce Spey kétáramúsági foka közelített az egyhez, így többé-kevésbé megegyezett a katonai változatok kétáramúsági fokával. A kétáramúsági fok tekintetében ettől kezdve megfigyelhető a civil és a katonai felhasználásra tervezett hajtóművek fejlesztési irányának szétválása (12. ábra).

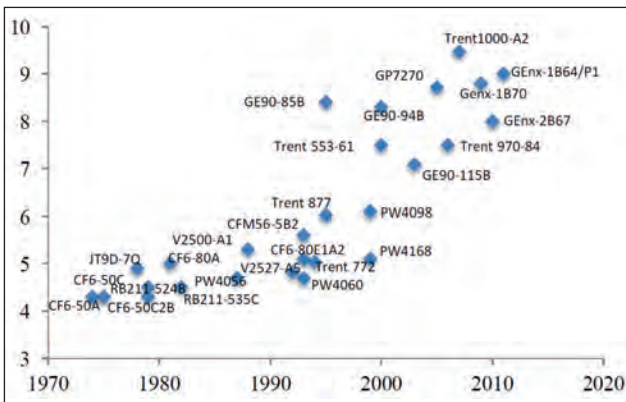
KIS KÉTÁRAMÚSÁGI FOKÚ HAJTÓMŰVEK

Manapság a kis kétáramúsági fokú hajtóművek (13. ábra) részben a többfeladatú harcászati repülőgépek erőforrását képezik. Ez utóbbi kifejezés azt jelenti, hogy ugyanaz a repülőgép (platform) többféle feladat ellátására alkalmas (pl. légi harc, földi támadó feladatok, légi felderítés, előretolt légi vezetés, elektronikai harc). A teljesség igénye nélkül a leggyakoribb típusok ebben a kategóriában: az F-18-as; a Rafale, a Szu-30-as, a MiG-29-es, a JAS 39 Gripen, az Eurofighter Typhoon, az F-16 Fighting Falcon és az F/A-18 Hornet.

A kisebb méretű, kis kétáramúsági fokú hajtóművek – jellemzően utánégető nélkül – a könnyű kiképző harcászati repülőgépek erőforrását képezik. Ez a kategória a haladó



11. ábra. Rolls-Royce RB.80 Conway hajtómű a Flugausstellung Hermeskeil német repülési múzeumban [7]



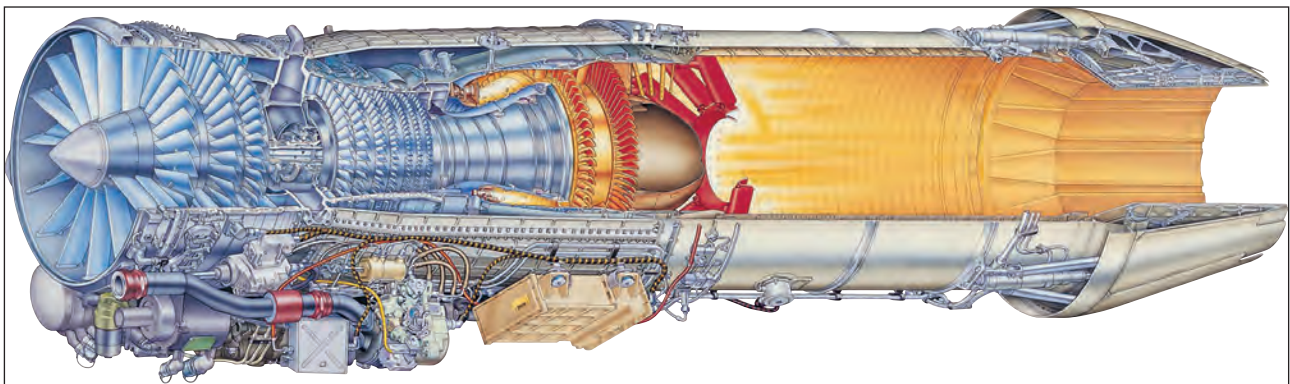
12. ábra. Repülőgépjárművek kétáramúsági fokának növekedése az évek során [8]

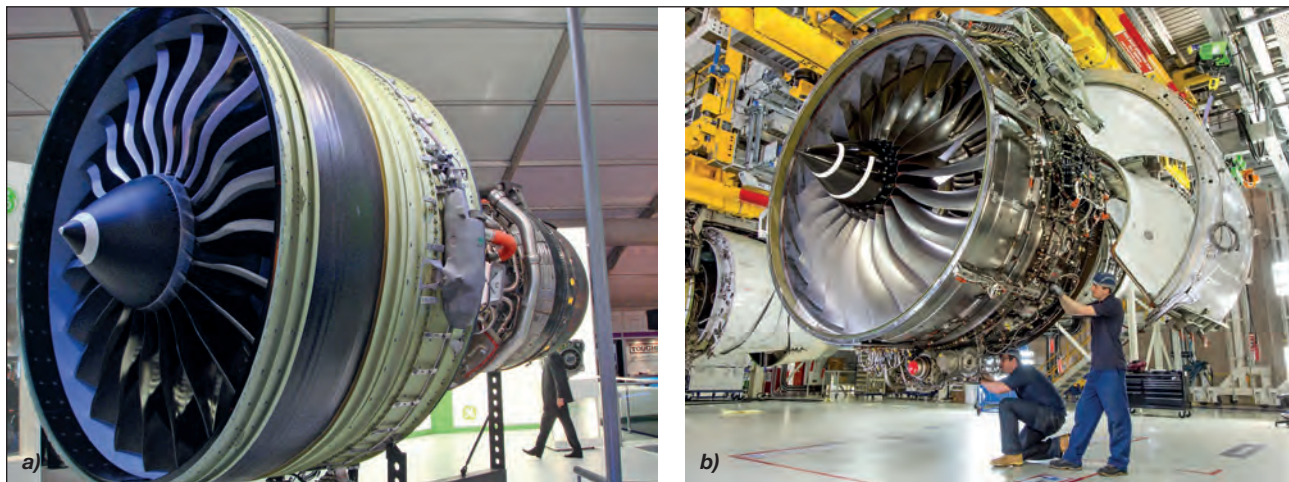
kiképző gépek kategóriájából alakult ki, a könnyű támadótól a felderítő feladatokig ugyancsak biztosítva a többfeladatú felhasználást, míg közben lehetővé teszi a kiképző feladatok megoldását is. Lassabbak, mint a nagyobb társaik, általában szubszonikus sebességre képesek, illetve egyes típusok mérsékelt hangsebesség feletti repülési sebességre is alkalmasak. A teljesség igénye nélkül a leggyakoribb típusok ebben a kategóriában: az L-159 Alca, a Hawk, a Jak-130-as, az Aermacchi MB-346-os és az Alpha Jet.

NAGY KÉTÁRAMÚSÁGI FOKÚ HAJTÓMŰVEK

A manapság utasszállító repülőgépeken (és néhány katonai szállító repülőgépen) alkalmazott, kis fajlagos tolóerő/nagy kétáramúsági fokú hajtóművek, az 1960-as évektől a

13. ábra. General Electric RM 12, a Gripen kis kétáramúsági fokú hajtóműve [9]





14. ábra. A két nagy hajtóműgyártó a General Electric (GE90–115B, bal) és a Rolls Royce (Trent) csúcshajtóművei [10] [11]

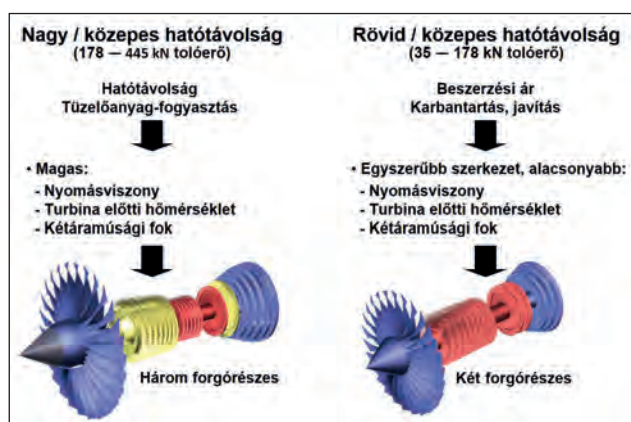
nagy fajlagos tolóerő/kis kétáramúsági fokú hajtóművekből alakultak ki az évek során.

Ez azt jelenti, hogy a tervezők eljutottak az egyáramú sugárhajtóművektől a kétáramú, majd az egyre nagyobb kétáramúsági fokú hajtóművekig, előre lépve ezzel a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás csökkentésében. Az egyre magasabb termikus hatásfokon kívül ebben kiemelt szerepet a növekvő kétáramúsági fokból származó propulziós hatásfok-növekedés jelentette.

A legnagyobb hajtóműgyártók, a General Electric, a Rolls-Royce plc. és a Pratt & Whitney. A General Electric és a francia Safran közös vállalkozása a CFM International. A Pratt & Whitney-nek szintén van egy közös vállalkozása International Aero Engines néven a japán Aero Engine Corporation, és a német MTU Aero Engines céggel, amely főleg az Airbus A320 repülőgépcsalád erőforrásait gyártja. A Pratt & Whitney és a General Electric által létrehozott Engine Alliance szállítja a hajtóműveket pl. az Airbus A380 repülőgépekhez is. [12] (3. táblázat)

3. táblázat. A nagy kétáramúsági fokú gázturbinás hajtóművek jellemző paramétereinek összehasonlítása (A szerző szerkesztése [13] [14] alapján)

Jellemző paraméterek	Általában	GE90–115B	Trent XWB–97
Tolóerő [kN]	50–500	514	431
Tömegáram [kg/s]	300–1500	–	1436
Kétáramúsági fok [-]	4–12	9	9,6
Kompresszor-nyomásviszony [-]	25–45	42	50
Turbina előtti gázhőmérséklet [K]	1400–1800	–	–
Fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás [kg/Nh]	0,05–0,07	–	0,0486
Hajtómű-tömeg [kg]	1500–8000	8283	7550
Termikus hatásfok [%]	40–50	–	–



15. ábra. A két és három forgórészes hajtóművek sematikus ábrái (A szerző szerkesztése)

A forgórészek száma szerint a kétáramú hajtóművek lehetnek két vagy három forgórészesek. A három forgórészes hajtóművek (kis-, közepes és nagynyomású forgórészek) fejlesztésében a Rolls-Royce járt az élen. Mivel a három forgórész bonyolultabb szerkezetet eredményez, ezért csak akkor érdemes alkalmazni, ha annak pozitív hozadéka van. (15. ábra)

Nagy távolságú repülőjáratoknál, ahol maga a nagy hatótávolság és a tüzelőanyag-fogyasztás (mint a legnagyobb költségtényező) lényeges, és a repülőgép jelentős méretei miatti nagy a tolóerőszükséglet, indokolt a három forgórészes hajtómű alkalmazása. Ezeknél a hajtóműveknél, a hatásfok növelése érdekében minél magasabb nyomásviszony, turbina előtti gázhőmérséklet és kétáramúsági fok elérésére törekednek. A kétáramúsági fok növekedése önmagában is indokolja a három forgórészt, mivel ebben az esetben csak a kisnyomású forgórész fordulatszámát korlátozza a fan⁹ fokozat nagy átmérője miatti korlátozott fordulatszám. A közepes nyomású forgórész fordulatszámát már optimális értékre lehet választani, amivel csökkenthető a turbina- és a kompresszorfokozatok száma. Két forgórészes hajtómű esetében számos kompresszorfokozatot kell meghajtani a fan fokozat által diktált alacsonyabb fordulatszámon, amely csökkenti a fokozatonkénti nyomásviszonyt, illetve növeli a fokozatszámot azonos kompresszor-nyomásviszony eléréséhez. A három forgórész alkalmazása ennek megfelelően csökkenti a hajtómű hosszúságát és tömegét, további előnyként növeli a modularitását.

A rövid távolságú repülőjáratok általában kisebb hajtóműveket igényelnek. A tüzelőanyag-fogyasztás a teljes költségben kisebb részarányt foglal el, míg a fő költségtegyező a beszerzési ár és a karbantartás költsége. Ennek megfelelően a nyomásviszony, a turbina előtti gázhőmérséklet és a kétáramúsági fok növelése nem olyan hangsúlyos. Ez egyben alacsonyabb beszerzési árat, és alacsonyabb karbantartási költséget is jelent.

Ezek a nagy kétáramúsági fokú hajtóművek (két vagy három forgórésszel) több tízezer példányszámban szolgálgják a kereskedelmi, és kisebb számban a katonai repülést is. Kiforrott konstrukciók, ennek ellenére a gyártók hatalmas kihívásokkal néznek szembe a következő évtizedekben. A szigorodó zajnormák és a károsanyag- – elsősorban a NO_x-kibocsátás – csökkentésén túl, prioritássá vált a hatásfok növelése, illetve azon keresztül drasztikus tüzelőanyag-fogyasztás és CO₂-kibocsátás-csökkentés. Cikksorozatunk további részeiben ezekkel a kérdésekkel foglalkozunk.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Joachim Kurzke, Ian Halliwell. *Propulsion and Power: An Exploration of Gas Turbine Performance Modeling* (Springer, 2018);
- [2] Forrás: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flughafen_Rostock-Laage1.JPG (Letöltve: 2022.9.29.);
- [3] <http://www.sztnh.gov.hu/feltalalok/jendrass.html> (Letöltve: 2021.1.21.) és <https://tudas.hu/a-xx-szazad-meghatarozo-merno-ke-is-magyar-volt-aki-a-nacikat-is-atverte/> (Letölve: 2022.9.29.);
- [4] Forrás: Varga Attila – CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2693190> (Letölve: 2021.1.21.);
- [5] PBS Aerospace, PBS TJ100 Turbojet Engine <https://www.pbsaerospace.com/aerospace-products/engines/turbojet-engines/tj-100-turbojet-engine> (Letölve: 2021.1.12.);
- [6] Forrás: <https://www.coolthings.com/tst-14j-bonusjet-sailplane/> (Letölve: 2021.2.3.);
- [7] Forrás: By Alf van Beem – Own work, CC0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=36376707> (Letöltve: 2021.2.3.);
- [8] Forrás: https://www.researchgate.net/publication/322299242_Modelling_and_Characteristics_of_a_Novel_Multi-fuel_Hybrid_Engine_for_Future_Aircraft (Letöltve: 2021.1.12.);
- [9] Forrás: Reserarchgate – Knut Andreas Meyer https://www.researchgate.net/figure/The-full-RM12-jet-engine_fig1_283676568/download (Letöltve: 2021.2.3.);
- [10] Forrás: flickr.com/photos/dysanovic/2678713012 (Letöltve: 2022.10.2.);
- [11] Forrás: <https://www.flickr.com/photos/rolls-royceplc/14658761544/> (Letöltve: 2022.10.2.);
- [12] Turbofan Manufacturers. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_turbofan_manufacturers (Letöltve: 2021.2.26.);
- [13] Introducing the GE Aerospace GE90 Engine <https://www.geaerospace.com/propulsion/commercial/ge90> (Letöltve: 2022.10.2.);
- [14] „Trent engine family” Rolls-Royce <https://www.rolls-royce.com/products-and-services/civil-aerospace/widebody/power-of-trent.aspx> (Letöltve: 2022.10.2.);
- [15] Forrás: <https://www.flickr.com/photos/rolls-royceplc/40118972711/> (Letöltve: 2022.10.2.).

JEGYZETEK

- 1 A termodinamikai körfolyamatok feltalálói Nikolaus August Otto (Holzhausen an der Haide, 1832. június 10. – Köln, 1891. január 26.), Rudolf Christian Karl Diesel (Párizs, 1858. március 18. – La Manche, 1913. szeptember 30.) és George Bailey Brayton (Rhode Island, Egyesült Államok, 1830. október 3. – Kingbury, Egyesült Királyság, 1892. december 17.).
- 2 A kétáramú hajtóművek alapvető jellemzője a kétáramúsági fok (α), amelyet, a külső és belső tömegáramok arányaként értelmezünk. Megkülönböztetünk kis ($\alpha < 2$) és nagy kétáramúsági fokú hajtóműveket (a korszerű, nagy kétáramúsági fokú hajtóművek esetében $\alpha > 5$).
- 3 Fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás: tolóerő, vagy teljesítményegységére eső tüzelőanyag-fogyasztás jellemzi a hajtómű tüzelőanyag-hatékonyságát, egyenértékű a hatásfokkal [kg/Nh, kg/kWh];
- 4 Dr. Varga Béla, „A gázturbinás korszak hajnala és a fejlesztés nehézségei I. rész” *Haditechnika* LVI. évf., 6. szám (2022): 67–73. DOI: 10.23713/HT.56.6.12
- 5 Sir Frank Whittle angol mérnök (Coventry, Egyesült Királyság, 1907. június 1. – Columbia, Maryland, Egyesült Államok, 1996. augusztus 8.)
- 6 Hans Joachim Pabst von Ohain német fizikus, mérnök (Dessau, Dessau-Roßlau, Németország, 1911. december 14. – Melbourne, Florida, Egyesült Államok, 1998. március 13.)
- 7 Jendrassik György Széchenyi-díjas magyar gépészmérnök (Budapest, 1898. május 13. – London, Egyesült Királyság, 1954. február 8.)
- 8 Szergej Tumanszkij repülőgép-hajtóműtervező (Minszk, Orosz Birodalom, 1901. május 21. – Moszkva, Szovjetunió 1973. szeptember 9.)
- 9 Fan (ventilátor) fokozat: nagy kétáramúsági fokú hajtóművek nagy átmérőjű első fokozata.

HADITECHNIKA FOLYÓIRAT

Olvasóink figyelmébe!

Tájékoztatjuk Tisztelt Olvasóinkat, hogy a *HADITECHNIKA* folyóirat szerkesztősége új címre költözött.

Székhelyünk és postacímünk:

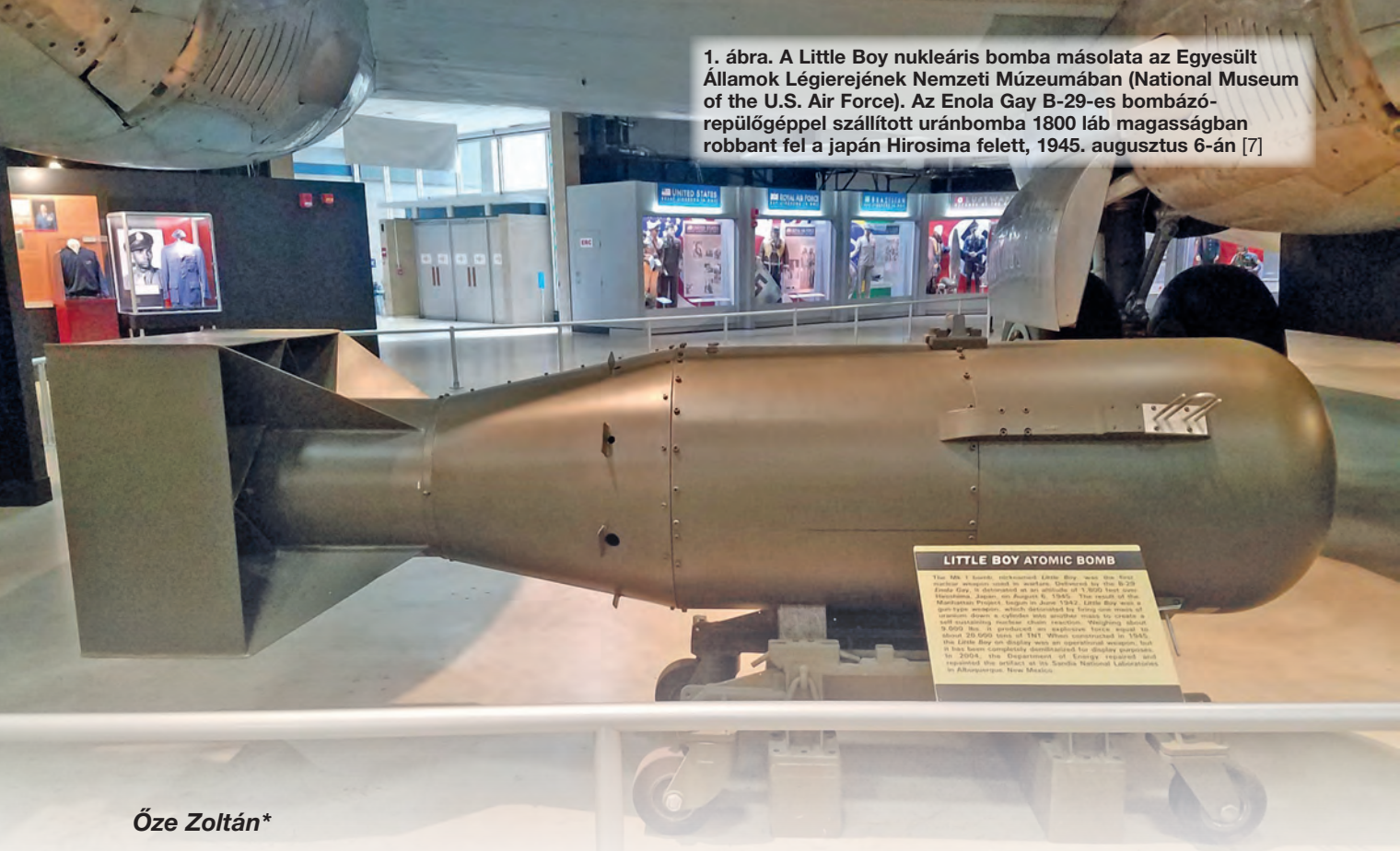
Zrínyi Kiadó

1087 Budapest, Kerepesi út 29/b

Telefonszám: +3630/773-7494 · E-mail: haditechnika@hmzrinyi.hu.

A Haditechnika folyóirat digitális változata a laptapir.hu weboldalon is olvasható.

1. ábra. A Little Boy nukleáris bomba másolata az Egyesült Államok Légierőjének Nemzeti Múzeumában (National Museum of the U.S. Air Force). Az Enola Gay B-29-es bombázó-repülőgéppel szállított uránbomba 1800 láb magasságból robbant fel a japán Hirosima felett, 1945. augusztus 6-án [7]



Őze Zoltán*

A nukleáris fenyegetettség napjainkban

A 20. század derekán, a második világháború végén szó szerint berobbant a történelembe egy szuperfegyver, amely pusztító erőben azóta is őrzi világhétszínét: 1945. augusztus 6-án Hirosimát porig rombolta egy atombomba (1., 2. ábra).

Azelőtt a hadászati siker kivívásához a sorozatosan megnyert hadműveleteken át vezetett az út. Az atomfegyver birtoklása önmaga lett a hadászati siker garanciája, a háborúkat egyedül is megnyerni képes eszköz.

Az Amerikai Egyesült Államok kezdetben egyedül birtokolta a technológiát (amelynek fejlesztésében sok magyar

származású tudós is részt vett¹⁾), de később a Szovjetunió, Nagy-Britannia, Franciaország majd Kína is szert tett nukleáris fegyverekre. A 1960-as években olyan politikai helyzet állt elő, amelyben a világ országainak többsége egyetértett abban, hogy meg kell akadályozni az atomfegyverek további terjedését, újabb atomhatalmak kialakulását. A fegyver terjedését megakadályozandó, 1968-ban megszületett az Atomsorompó-egyezmény (Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons – NPT) [1], amely megtiltja, hogy az atomfegyverrel rendelkező államok átadják más államoknak atomfegyvereiket, és segítséget sem nyújthat-

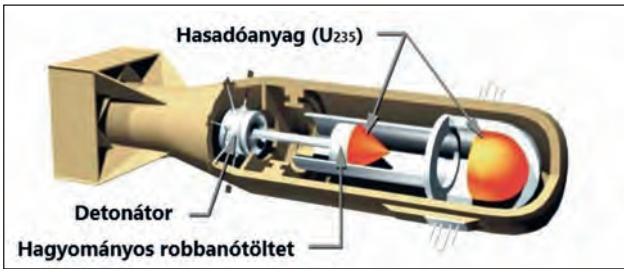
ÖSSZEFOGLALÁS: A hidegháború utáni évtizedekben a tömegpusztító fegyverek jelentette fenyegetés jelentősen csökkent a világban. 1996-ban megszületett a teljes körű atomcsendegyezmény (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty – CTBT), amelynek szövegét az Egyesült Nemzetek Szervezete Közgyűlése New Yorkban 1996. szeptember 10-én elfogadta. Úgy tűnt, hogy ez a nemzetközi egyezmény megakadályozza az atomfegyverek további terjedését, és nem kell többé aggodni a nukleáris fegyverkezés miatt. Ez az idillikus kép mára azonban gyökeresen megváltozott. A nukleáris fenyegetettség átalakulóban van, bár az atomfegyverek száma globálisan csökkent, az atomhatalmak száma a hidegháború óta növekedett: Észak-Korea 2006 óta 6 kísérleti atomrobbantást hajtott végre. Az atomfegyver továbbra is tartóoszlopa az atomhatalmak nemzeti biztonsági stratégiáinak, elrettentő ereje a jövőben is vitathatatlan. Az atomfegyverek terjedése rávilágított a nemzetközi fegyvertilalmi egyezmények jelentette biztonsági garanciák törékenységére. Az INF- (Intermediate-Range Nuclear Forces – közepes hatótávolságú nukleáris erők) szerződés felmondásával új nukleáris fegyverkezési verseny van kialakulóban. Szükséges tehát a nukleáris fenyegetettség újrártékelése, az újfajta veszélyek beazonosítása.

KULCSSZAVAK: atomfegyver, nukleáris fegyverkezés, ABV-védelem

ABSTRACT: Throughout the decades following the Cold War, the threat posed by weapons of mass destruction (WMD) has significantly reduced all around the world. In 1996, the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT) was adopted by the United Nations General Assembly in New York on 10 September 1996. This international treaty was supposed to prevent further proliferation of nuclear weapons so that the world can rest and no longer has to worry about nuclear weapons. However, this idyllic picture has now radically changed. The nuclear threat is changing and although the number of nuclear weapons has declined globally, the number of nuclear powers has increased since the Cold War, with North Korea having carried out 6 nuclear test explosions since 2006. Nuclear weapons remain a mainstay of nuclear powers' national security strategies, its deterrent value is undisputed for the future. The proliferation of nuclear weapons has highlighted the fragility of the security guarantees provided by international non-proliferation treaties. With the denunciation of the Intermediate-Range Nuclear Forces (INF) Treaty, a new nuclear arms race is emerging. There is therefore a need to reassess the nuclear threat and identify new types of threats.

KEY WORDS: Nuclear Weapons, Nuclear Proliferation, CBRN Defense

* NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Tanfolyamszervező Intézet, főreferens. ORCID:0000-0003-4959-0294



2. ábra. A Hirosimára ledobott „Little Boy” atombomba szerkezeti felépítése [31]

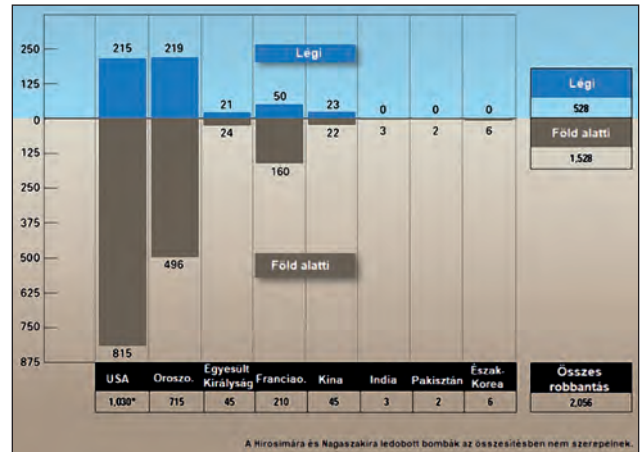
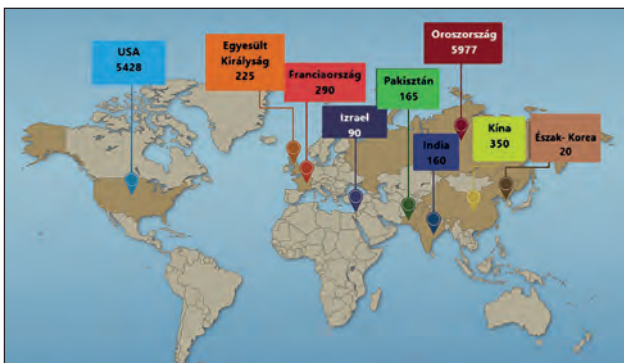
nak hasonló eszközök előállításához. Az egyezmény két-ségtelenül sokat tett egy békésebb világ kialakulásáért, mégis számos kritika érte amiatt, hogy bizonyos országok számára tiltott az atomfegyverek birtoklása, mások számára azonban morálisan magyarázható, hogy rendelkeznek velük, és folyamatosan modernizálják képességeiket. [2]

Az egyezmény nem nevezhető áthatolhatatlan falnak, hiszen a hatályba lépése óta eltelt több mint öt évtizedben tovább bővült az „atomklub”. A világtérképre pillantva kiderül, hogy további 4 ország rendelkezik nukleáris fegyverekkel, bár a nukleáris robbanófejek 90%-át továbbra is az USA és Oroszország birtokolja. Körülbelül 9600 db robbanófej áll bevetésre készen, a többi szétszerelésre vár (3. ábra).

Bár az egyezmény nagymértékben lelassította a legértékesebb tömegpusztító fegyver terjedését, a kísérleti atomrobbantások azonban tovább folytak, eddig több mint kétezerszer (3. ábra) villant az atombomba a világon. [4] Ma világszerte csaknem 13 000 olyan nukleáris robbanófejet tárolnak, amelyet előkészítettek a végső leszerelésre, ez azonban csupán ötöd része az 1985-ös, mintegy 62 000-es készletnek. A töltetek 90%-át birtokló Amerikai Egyesült Államokban és Oroszországban évről évre csökken a nukleáris robbanófejek száma, ahogy Franciaországban is. A többi atomhatalom inkább növelte atomarzenálját az utóbbi években.

A probléma orvoslására született meg a teljes körű atomcsendegyezmény (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty – CTBT) 1996-ban. Az egyezmény hatályba lépéséhez a szerződésben felsorolt 44 állam mindegyikének – amelyek a szerződés 1996-os végleges tárgyalásakor nukleáris technológiai képességekkel rendelkeztek – alá kell azt írnia, és ratifikálnia is szükséges a szerződést. Ezek közül nyolc (Kína, Észak-Korea, Egyiptom, India, Irán, Izrael, Pakisztán, és az USA) még nem ratifikálta, Észak-Korea, India és Pakisztán még alá sem írta az egyezményt. (Magyarország 1996. szeptember 25-én Washingtonban csatlakozott az (CTBT) egyezményhez.) (5. ábra) [6]

3. ábra. A Föld országai által birtokolt atomfegyverek becsült száma 2022-ben [3]



4. ábra. Kísérleti atomrobbantások száma 1945–2017 között [5]



5. ábra. Az ENSZ-közügyűlés 50. ülészakán a küldöttek az szavazás állását követik az elektronikus kijelzőn, New York, 1996. Az első napon 71 ország írta alá a CTBT-t, köztük Bill Clinton az Egyesült Államok akkori elnöke is [32]

A szerződés jelentősége abban áll, hogy az alapján született meg a bécsi központú globális ellenőrző hálózat, amely a világ 89 országában, azok 337 pontján rendelkezik ellenőrző állomással. Ezeket az állomásokat különböző típusú (szeizmikus, infrahang-, hidroakusztikus és sugárzás-mérő) érzékelőkkel szerelték fel, de egy 5 műholdból álló kozmikus hálózat is végez méréseket, amely másodpercen belül képes adatokat továbbítani a bécsi információs központba. [8]

A NEMZETKÖZI GARANCIÁK GYENGÜLÉSE

Az Amerikai Egyesült Államok 2019. augusztus 2-án, hat hónapos türelmi idő után végérvényesen felmondta azt a szerződést, amely mérföldkő volt a hidegháború befejezésében, és nagyban hozzájárult a nukleáris fegyverek számának csökkenéséhez. Az egyezményt hosszas diplomáciai erőfeszítések nyomán Ronald W. Reagan és Mihail Sz. Gorbacsov² (6. ábra) írta alá 1987 decemberében.

A két ország a szerződésben megállapodott abban, hogy felszámolja a közepes és rövid hatótávolságú, földi indítású, hagyományos vagy atomtöltettel felszerelt rakéta-rendszereit. Az egyezmény a közepes hatótávolságú balisztikus rakétákat (Intermediate-Range Ballistic Missile – IRBM) és a földi indítású cirkálórakétákat (Ground Launched Cruise Missile – GLCM) 1000–5500 km, a rövid hatótávols-





6. ábra. Mihail Gorbacsov szovjet államfő és Ronald Reagan amerikai elnök 1987. december 8-án, Washingtonban írta alá az INF-egyezményt [9]

ságú ballisztikus rakétákat (Short-Range Ballistic Missile – SRBM) pedig 500–1000 km hatótávolságú rakétákként határozta meg. Ez volt az első olyan szerződés, amely megtiltotta egy teljes fegyverrendszer-kategória tesztelését, gyártását és birtoklását. [10] A megállapodás szerint a két fél nem állomásoztathatott Európában szárazföldi telepítésű, közepes hatótávolságú, nukleáris robbanófejek hordozására képes rakétákat.

Az 1988 júniusában életbe lépett INF-szerződés (Intermediate-Range Nuclear Forces Treaty – közepes hatótávolságú nukleáris erők) három év alatt 2692 db rakéta fokozatos leszerelését írta elő, amelyeknek mintegy a felét már telepítették az aláírás idején. Az érintett rakéták kétharmada szovjet, egyharmada amerikai volt. Mindkét ország megtarthatta a megsemmisített rakéták robbanófejeit és irányítórendszereit. A két ország megfigyelőcsoportjai bejárást kaptak partnereik bizonyos katonai bázisaiba, támogató és megsemmisítő létesítményeibe, hogy ellenőrizhessék a rakétarendszerek kivonását és megsemmisítését. A közepes hatótávolságú rakéták végleges felszámolásának biztosítása érdekében mindkét ország 13 évre jogot kapott arra, hogy időszakos ellenőrzéseket végezzen az érintett létesítményekben, valamint, hogy megfigyeljen egy olyan gyártóüzemet, amelyben az INF-kategóriába tartozó fegyvereket gyárthatnak. [11] Az egyezmény példátlanul erős prokollokat hozott létre a rakétamegsemmisítések ellenőrzése érdekében. A közepes hatótávolságú nukleáris erők (INF) elnevezés megtévesztő lehet, mert a szerződés nemcsak a közepes, hanem a rövid hatótávolságú rakétákra; illetve nemcsak az atomtöltetű, de a hagyományos robbanóanyagot töltöttekre is vonatkozik. [12] Az egyezmény csak a földi indítású eszközöket tiltotta, tehát a vízi és légi indítású rendszerek fejlesztése folyamatosan zajlott az elmúlt évtizedekben is.

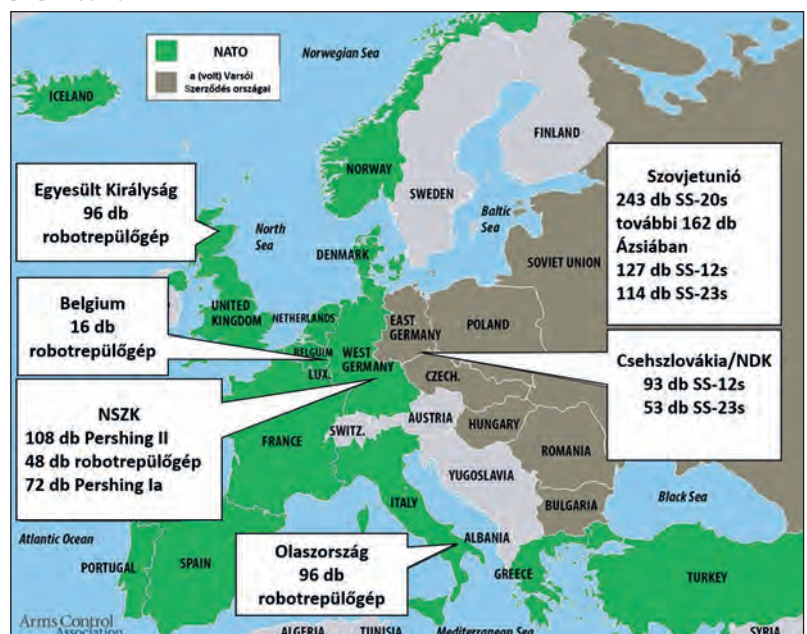
A megállapodás eredetileg csak az amerikai és a szovjet fegyveres erőkre vonatkozott, de a Szovjetunió megszűnése után kiterjesztették Fehéroroszországra, Kazahsztánra és Ukrajnára (Türkmenisztán és Üzbegisztán azonban a többi állam beleegyezésével távol maradt az ülésektől). Bár az egyezményhez az öt országon kívül más nem csatlakozott, a '90-es években Németország, Magyarország, Lengyelország és a Cseh Köztársaság is megszabadult a szerződés hatálya alá tartozó fegyvereitől (7. ábra). Szlovákia 2000 októberében követte szomszédait az USA nyomására, végül pedig Bulgária semmisítette meg ilyen típusú rakétáit 2002-ben, amerikai finanszírozással. [13]

AZ EGYEZMÉNY FELMONDÁSÁNAK OKAI

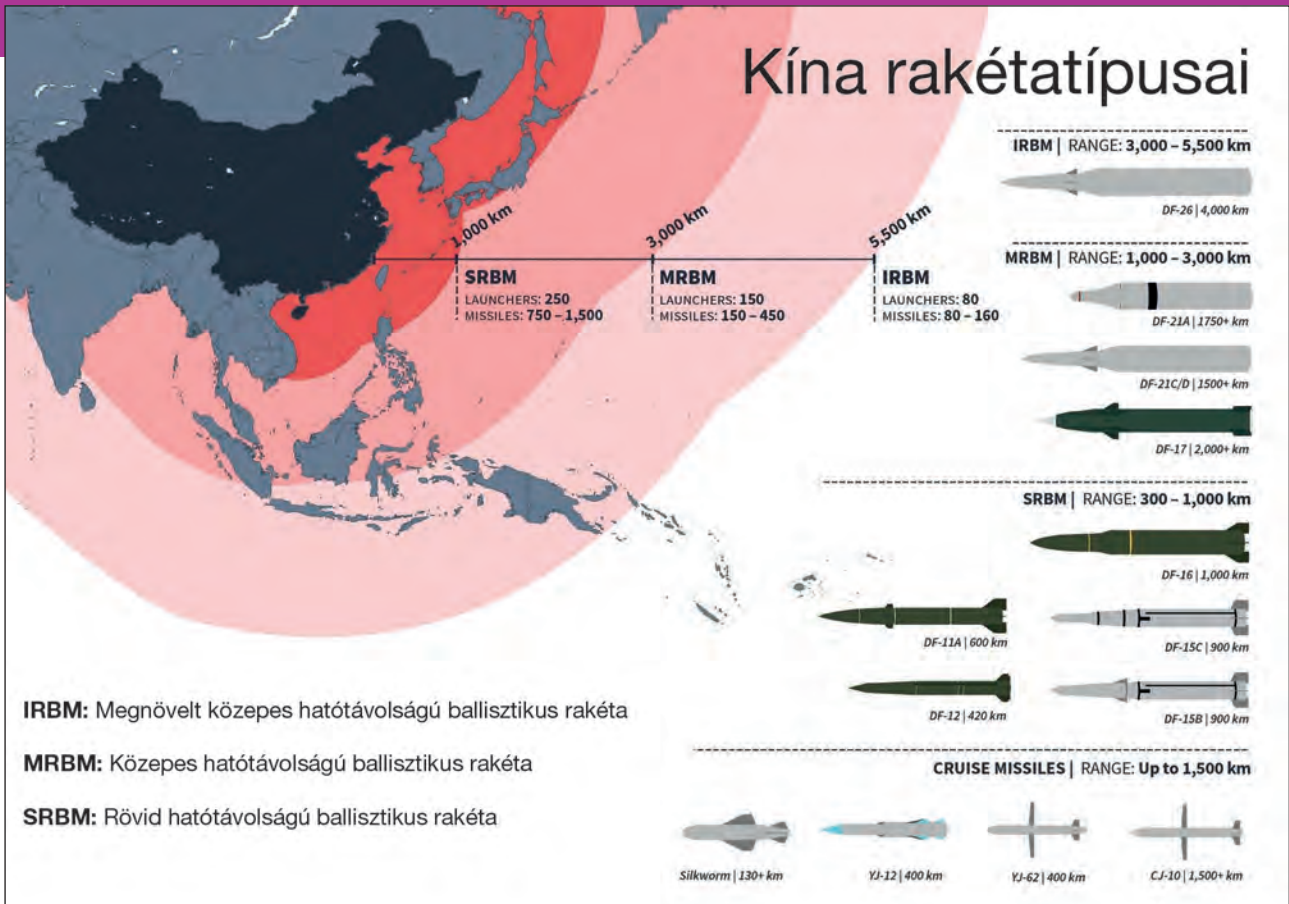
Az utóbbi években felerősödtek azok a feltételezések, hogy Moszkva titokban, a szerződést megszegve fejleszt új harceszközöket. Az USA még Barack H. Obama³ elnöksége idején, 2013-ban kifejezte aggodalmát Oroszország földi indítású robotrepülőgép-tesztjeinek kapcsán. Bár a vád a következő években is folyamatosan napirendre került a közös tárgyalásokon, Oroszország azt módszeresen cáfolta. Egy 2017-es amerikai jelentés szerint Oroszország kifejlesztett, legyártott, tesztelt és rendszerbe állított egy új, közepes hatótávolságú eszközt, a 9M729-est (NATO kód: SSC-8). A földi indítású robotrepülőgép könnyen elrejtethető, és képes nukleáris robbanófejek hordozására is. Hatótávolsága becslések szerint majdnem eléri az 5500 kilométert, veszélyeztetve ezzel az európai fővárosokat. [14] A vádak az idő előrehaladtával csak erősödtek: „Oroszország évek óta lelkiismeretfurdalás nélkül megsérti a közepes hatótávolságú nukleáris erőkről szóló szerződés feltételeit” – jelentette ki az USA külügyminisztere. Michael R. Pompeo⁴ hangsúlyozta: „Oroszország jogsértése európaiak és amerikaiak millióit sodorja nagyobb veszélybe”, (...) ezért „nem tarthatjuk magunkat a megállapodáshoz, miközben Oroszország szégyentelenséggel megszegi azt”. [15] Az eseményekre a NATO egy közleményben úgy reagált, hogy az Egyesült Államok NATO-szövetségesei „teljes mértékben támogatják” a közepes és rövid hatótávolságú nukleáris fegyverekről (INF) szóló szerződéssel kapcsolatos amerikai határozatot, amely szerint az egyezmény orosz megsértése miatt Washington felfüggeszti a megállapodásból eredő kötelezettségeinek teljesítését. A NATO a nyilatkozatában hangsúlyozta, hogy a megállapodás megszüntetéséért a felelősség „kizárólag Oroszországot terheli”. [12] Tény, hogy Oroszország gőzerővel folytat rakétakisérleteket. [16]

Moszkva ugyanakkor szintén az egyezmény áthágásának tekinti, hogy az amerikaiak támadásra is könnyűszerrel átalakítható „Aegis Ashore” légelhárító rendszereket létesítenek Romániában és Lengyelországban. [17] Másrészt az

7. ábra. Az INF-szerződés értelmében Európában megsemmisített telepített rakéták. A térkép az 1987-es helyzetképet ábrázolja (A szerző szerkesztése a [13] alapján)



Kína rakétatípusai



8. ábra. Kína ballisztikusrakéta-típusai és hatótávolságuk (2019) (A szerző szerkesztése [20] alapján)

INF aláírása óta kifejlesztett masszív amerikai pilóta nélküli repülőgépflootta ellen is kifogást emeltek, amely olyan harci drónokból áll, mint az MQ-1 Predator, vagy az MQ-20 Avenger. Ha a nyilvános értesülések alapján szerződészegéssel nem is vádolható, annyi bizonyos, hogy Washington is igen leleményesen kutatja az egyezmény kiskapuit. Az elmúlt években ugyan folyamatosan folytak tárgyalások a feltételezett egyezmény megszegések kapcsán, de a Trump-adminisztráció még 2019-ben is azt tervezte, mivel bírhatja jobb belátásra Oroszországot. A fegyverkorlátozások történetének egyik legsikeresebb eredménye megmentésében bízott több magas rangú amerikai diplomata is. [18]

A felmondás valódi oka máshol keresendő. [33] [34] A szerződés egy elavult, már nem létező szuperhatalmi struktúrán alapult, és különösen Kína nukleáris arzenáljának növekedése mutatott rá a kétoldalú megállapodás korlátaira. Moszkva és Washington is rájött, hogy miközben ők korlátozzák fegyverarszenáljukat, addig Kína zavartalanul fejlesztheti rakétakészletét (8. ábra) az ázsiai régióban. [19]

A kínai Népi Felszabadítási Hadsereg rakétaerőinek világklasszis képességét a legjobban Harry Harris admirális⁵, a Csendes-óceánon állomásozó amerikai erők egykori parancsnokának, a 2017-es szenátus előtt tartott beszámolójában elhangzott kijelentése írja le. Szerinte Kína rendelkezik „a világ legnagyobb és legváltozatosabb rakétaarszenáljával”. Ez a fegyvertár „több, mint kétezer ballisztikus és robotrepülőgépből áll”. [21] Emellett az ázsiai nagyhatalom az utóbbi években folyamatosan növelte védelmi kiadásait (9. ábra).

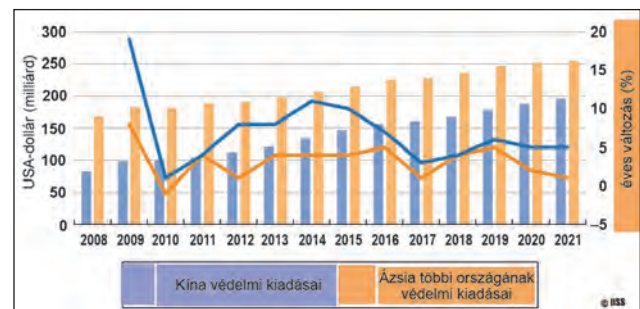
Az is fontos szerepet játszott az INF megszűnésében, hogy a tiltott kategóriájú földi indítású rakéták rendszerben tartása sokkal olcsóbb, mint a levegőből vagy vízről indítható fegyvereké. A robotrepülőgépek hordozására alkalmas hadihajók és a harci repülőgépek is jóval többre kerül-

nek, mint a viszonylag egyszerűen működtethető szárazföldi indítóállások.

„A nukleáris háborút nem lehet megnyerni, és nem szabad megvívni” – 2022 januárjában ezt a nyilatkozatot hozta nyilvánosságra a világ öt meghatározó atomhatalma: az Amerikai Egyesült Államok, Oroszország, Nagy-Britannia, Franciaország és Kína, amelyek egyben az ENSZ Biztonsági Tanácsának is az állandó tagjai. [23] Ez az a történelmi megállapítás [24], amit Ronald Reagan és Mihail Gorbacsov tett első, 1985-ös genfi csúcstalálkozóján. Abban az évben, egyes becslések alapján a Szovjetunió csaknem 40 000, az USA pedig 23 000-nél több atomtöltettel őrízte a világébkét. [25] Ez a szám mára mindkettőjük esetében 6000 alá csökkent.

Jelenleg egyetlen egyezmény tartja kordában a két ország atomarszenálját: a New START⁶, amelynek hatálya 2026-ban lejár. A 2011. február 5-én érvénybe lépett szerződés korlátozza a szárazföldről és tengeralattjárókról indítható interkontinentális ballisztikus rakéták, valamint a nehézbombázó repülőgépek számát. Az ezekkel célba juttatható nukleáris robbanófejek számát 1550-re csökkentették [26].

9. ábra. Kína védelmi kiadásai 2015–2021 között (A szerző szerkesztése [22] alapján)



GLOBALIS KOCKÁZATI KÖRNYEZET



10. ábra. Néhány globális kockázati tényező bekövetkezésének valószínűsége és hatása (A szerző szerkesztése [30] alapján)

Az egyezmény eredetileg 2021-ben járt volna le, meghosszabbításával azonban elhárult annak veszélye, hogy a továbbiakban semmi ne korlátozza a legnagyobb nukleáris államokat.

ÖSSZEZGÉS

Az atomvillanás után megjelenő monumentális gombafelhők látványának rémképe ismét feléledni látszik. Vlagyimir Putyin Ukrajna elleni inváziójakor kilátásba helyezte az atomfegyverek bevetését arra az esetre, ha valamely külső hatalom megpróbálna beavatkozni a konfliktusba. Az orosz retorika nagy valószínűséggel az úgynevezett taktikai atomfegyverekkel [27] fenyeget, amely hatótávolságában és bevetésének céljában különbözik a stratégiai atomfegyverektől, bár pontos definícióját a Hadtudományi Lexikon sem említi. Főként nagyobb katonai formációk (hadosztály, hadtest, harcokoszlopok), és katonai létesítmények elpusztítása bevetésük célja. A célba juttató eszköz lehet tüzérségi lőszer, akna vagy rakéta.

A robbanófejek tízezrei a hidegháború idején a kölcsönösen biztosított megsemmisítés révén tartották vissza a NATO-t és a Varsói Szerződést attól, hogy nukleáris eszköz alkalmazásának egymás ellen, mert az eszkaláció az emberi civilizáció teljes megsemmisítésével fenyegetett – amely szerencsére eddig csak a filmvásznon történt meg. Moszkva az utóbbi évtizedekben a nagyobb hadgyakorlataiba beépítette a taktikai atomfegyver alkalmazásának szimulációját, és többször megújította katonai doktrínáját is [28].

Bár az elmúlt évtizedekben az amerikai–orosz megállapodásnak köszönhetően a nukleáris fegyverek száma világszerte csökkent, Kína, India és Pakisztán, ha kis mértékben is, de növelte nukleáris arsenálját. Mi több, Nagy-Britannia a nukleáris elrettentést olyannyira biztonságának pillérének tekinti, hogy legújabb nemzetbiztonsági stratégiájában [29] célul tűzte ki a nukleáris robbanófejek számának növelését. Az atomhatalmak száma egyre nő, Észak-Korea 2006 óta 6 nukleáris kísérleti robbantást hajtott végre, a legutóbbit 2017-ben.

A világ egyéb problémái – az éghajlatváltozás, a koronavírus, a társadalmi egyenlőtlenségek – ma már nagyobb-

nak tűnhetnek, mint a nukleáris fegyverektől való félelem, de a lehetséges forgatókönyvek elég ijesztőek. (10. ábra)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] „Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT)” *United Nations* <https://www.un.org/disarmament/wmd/nuclear/npt/> (Letöltve: 2021.11.4.);
- [2] Pírityi Sándor, „Az Atomsorompó-egyezmény” *Múlt-kor* 2004. 11. 24. <https://mult-kor.hu/cikk.php?id=8789> (Letöltve: 2021.11.3.);
- [3] „Status of World Nuclear Forces” *Federation of American Scientists* <https://fas.org/issues/nuclear-weapons/status-world-nuclear-forces/> (Letöltve: 2021.10.9.);
- [4] „Ending Nuclear Testing” *United Nations* <https://www.un.org/en/observances/end-nuclear-tests-day/history> (Letöltve: 2021.10.10.);
- [5] Kimball, Daryl, „The Nuclear Testing Tally” *Arms Control Association* (2020.07.) <https://www.armscontrol.org/factsheets/nucleartesttally> (Letöltve: 2022.5.5.);
- [6] „Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT)” *United Nations* <https://www.un.org/disarmament/wmd/nuclear/ctbt/> (Letöltve: 2022.9.27.);
- [7] Forrás: https://my.vanderbilt.edu/caldwellgroup/files/2018/12/20181214_112921_resized.jpg (Letöltve: 2022.9.3.);
- [8] „Verification regime” *CTBTO Preparatory Commission* <https://www.ctbto.org/verification-regime/> (Letöltve: 2021.12.10.);
- [9] „Intermediate-Range Nuclear Forces Treaty” *Encyclopaedia Britannica* <https://www.britannica.com/event/Intermediate-Range-Nuclear-Forces-Treaty> (Letöltve: 2020.2.14.);
- [10] „A NATO elutasította Oroszország rakétatelepítésekkel kapcsolatos vádjait” *ma7.sk*, 2021.12.15. <https://ma7.sk/nagyvilag/a-nato-elutasította-oroszország-raketatelepitesekkel-kapcsolatos-vadjait> (Letöltve: 2021.12.16.);

- [11] Bodnár Zsolt, „Indulhat a fegyverkezés, 32 év után felbontották a hidegháborút lezáró rakétaegyezményt” *Qubit* 2019.08.02. <https://qubit.hu/2019/08/02/indulhat-a-fegyverkezés-32-ev-utan-felbontottak-a-hideghaborut-lezaro-raketaegyezményt> (Letöltve: 2020.3.3.);
- [12] „The INF Treaty – NATO’s position” *North Atlantic Treaty Organization* https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_2019_06/20190617_190617-factsheet-INF-Treaty_en.pdf; (Letöltve: 2020.3.10.);
- [13] Kimball, Daryl, „Arms Control Association: The Intermediate-Range Nuclear Forces (INF) Treaty at a Glance” *Arms Control Association* <https://www.armscontrol.org/factsheets/INFtreaty> (Letöltve: 2020.3.8.);
- [14] Russian Compliance with the Intermediate Range Nuclear Forces (INF) Treaty: Background and Issues for Congress Updated August 2, 2019. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R43832> (Letöltve: 2020.3.1.);
- [15] Pompeo, M. R., „Remarks by Michael R. Pompeo, Secretary of State on INF Treaty,” <https://fr.usembassy.gov/remarks-by-michael-r-pompeo-secretary-of-state-on-inf-treaty/> (Letöltve: 2019. 11. 29.);
- [16] Sanger, D. E. és Kramer, A. E. „U.S. Officials Suspect New Nuclear Missile in Explosion That Killed 7 Russians, *The New York Times*” <https://www.nytimes.com/2019/08/12/world/europe/russia-nuclear-accident-putin.html> (Letöltve: 2020.3.5.);
- [17] Tennis, Maggie. „U.S.-Russian Arms Control At Risk: An Assessment and Path Forward”, *Arms Control Association* 2018. 01. <https://www.armscontrol.org/policy-white-papers/2018-01/us-russian-arms-control-risk-assessment-path-forward> (Letöltve: 2020.3.10.);
- [18] Jon Huntsman, „Op-Ed by Ambassador Jon Huntsman for RBC”. <https://ru.usembassy.gov/op-ed-by-ambassador-jon-huntsman-for-rbc/> (Letöltve: 2020.3.25.);
- [19] Yeo, Mike. China unveils drones, missiles and hypersonic glide vehicle at military parade. *Defense News* <https://www.defensenews.com/global/asia-pacific/2019/10/01/china-unveils-drones-missiles-and-hypersonic-glide-vehicle-at-military-parade/> (Letöltve: 2020.3.2.);
- [20] Missile Defense Project, „Missiles of China,” *Missile Threat*, Center for Strategic and International Studies, June 14, 2018, last modified April 12, 2021, <https://missilethreat.csis.org/country/china/> (Letöltve: 2020.3.1.);
- [21] Harris, H. B. „Statement of Admiral Harry B. Harris jr., U.S. navy commander, U.S. Pacific Command before the house Armed Services Committee” on U.S. Pacific Command posture 27 April 2017. https://www.armed-services.senate.gov/imo/media/doc/Harris_04-27-17.pdf (Letöltve: 2020.2.28.);
- [22] The International Institute for Strategic Studies, *Military Balance* Volume 122, 2022, p. 231.
- [23] „Joint Statement of the Leaders of the Five Nuclear-Weapon States on Preventing Nuclear War and Avoiding Arms Races” *The White House* 2022. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/01/03/p5-statement-on-preventing-nuclear-war-and-avoiding-arms-races/> (Letöltve: 2022.5.2.);
- [24] „Joint Soviet-United States Statement on the Summit Meeting in Geneva” *Ronald Reagan Presidential Library and Museum* <https://www.reaganlibrary.gov/archives/speech/joint-soviet-united-states-statement-summit-meeting-geneva> (Letöltve: 2022.5.2.);
- [25] (1997) Global Nuclear Stockpiles, 1945–1997, *Bulletin of the Atomic Scientists*, 53:6, 67, DOI: 10.1080/00963402.1997.11456792 (Letöltve: 2022.5.2.);
- [26] „New START Treaty” *U.S. Department of State* <https://www.state.gov/new-start/> (Letöltve: 2020.2.28.);
- [27] Hans M. Kristensen & Matt Korda (2019) Tactical nuclear weapons, 2019, *Bulletin of the Atomic Scientists*, 75:5, 252-261, DOI: 10.1080/00963402.2019.1654273
- [28] Kofman, Michael Fink, Anya Gorenburg, Dmitry Chesnut, Mary Edmonds, Jeffrey Waller, Julian. Russian Military Strategy: Core Tenets and Operational Concepts https://www.cna.org/CNA_files/pdf/Russian-Military-Strategy-Core-Tenets-and-Operational-Concepts.pdf (Letöltve: 2022.6.5.);
- [29] Global Britain in a Competitive Age: the Integrated Review of Security, Defence, Development and Foreign Policy. (2021). Great-Britain;
- [30] The Global Risks Report 2021 16th Edition, *Insight Report, World economic forum 2021*, p. 12.
- [31] „Little Boy: A Gun Type Bomb” *atomicarchive.com* <https://www.atomicarchive.com/science/fission/little-boy.html> (Letöltve: 2022.10.4.);
- [32] Forrás: <https://dam.media.un.org/CS.aspx?VP3=DamView&VBID=2AM94SLAD0KC&PN=1&WS=SearchResults#/DamView&VBID=2AM94SLA54FS&PN=1&WS=SearchResults> (Letöltés: 2022.9.3.);
- [33] „Szakértő szerint új út is nyílik a szétesett INF-szerződés romjain” *Infostart* 2019. 08.02 <https://infostart.hu/kulfold/2019/08/02/uj-ut-nyilik-a-szetesett-inf-szerzodes-romjain> (Letöltés: 2022.9.3.);
- [34] Reuters szerkesztőség, „Russia says Bolton’s account of INF treaty talks distorted” <https://www.reuters.com/article/us-russia-usa-arms-idUSKBN24422L> (Letöltés: 2022.9.3.).

JEGYZETEK

- 1 Kármán Tódor, Szilárd Leó, Wigner Jenő, Neumann János és Teller Ede.
- 2 Ronald Wilson Reagan (Tampico, 1911. február 6. – Los Angeles, 2004. június 5.) amerikai színész, politikus, Kalifornia állam kormányzója, az Amerikai Egyesült Államok 40. elnöke. Mihail Szergejevics Gorbacsov (Privolnoje, 1931. március 2. – Moszkva, 2022. augusztus 30.) orosz nemzetiségű szovjet politikus, 1985-től az SZKP főtitkára, majd a Szovjetunió elnöke.
- 3 Ifj. Barack Hussein Obama (Honolulu, Hawaii, 1961. augusztus 4. –) amerikai jogász és politikus, az Amerikai Egyesült Államok 44. elnöke.
- 4 Michael Richard Pompeo amerikai politikus és üzletember, az ország 70. külügyminisztere. Kinevezése előtt a Központi Hírszerző Ügynökség igazgatója volt. Azt megelőzően Kansas állam 4. szövetségi választókeretét képviselte az Amerikai Egyesült Államok Képviselőházában 2011-től 2017-ig.
- 5 Harry Binkley Harris Jr. (Yokosuka, Kanagawa, Japan 1956. augusztus 4. –) japán származású, nyugállományú amerikai diplomata, korábban a U.S. Navy tisztje, a US Pacific Command admirálisa.
- 6 New Strategic Arms Reduction Treaty – az új START-egyezmény egy atomfegyver-csökkentési szerződés az Egyesült Államok és az Orosz Föderáció között, hivatalos neve Intézkedések a stratégiai támadófegyverek további csökkentésére és korlátozására. 2010. április 8-án írták alá Prágában, majd a ratifikációt követően 2011. február 5-én lépett hatályba.



Filipovics Alex*

Az elektromos és hibrid hajtásláncú személy- és tehergépjárművek alkalmazásának lehetőségei a Magyar Honvédségben **II. rész**

Akóraj- és a földgázkészletek véges mennyisége, valamint a levegőszennyezés napjaink két olyan fő problémája, amelyekben jelentős szerepet játszanak a közlekedési eszközök. E problémák enyhítése érdekében az Európai Unió egyre szigorodó károsanyag-kibocsátási normákat vezet be, így a szabályozás következtében a különböző gyártók kevésbé szennyező, fokozottan környezetbarát – elsősorban hibrid vagy tisztán elektromos – járműveket gyártanak. A cikksorozat első részében a szerző az alternatív hajtásláncú gépjárművek fejlesztési irányait, üzemeltetésük környezetvédelmi és gazdaságossági szempontjait ismertette, kitekintéssel a katonai alkalmazás lehetőségeire.

A Magyar Honvédségben (MH) a szárazföldi szállítási feladatok megoldására nagyszámú személy- és tehergépjárművet alkalmaznak. A személygépjárművek rendeltetése a személyi állomány szállítása gyakorlatra, képzésre, egyéb feladatra. Bár a 234/2015. (HK 9.) HVKF² szakutasítása, a Gépjármű-igénybevételi szabályzat (Gjmű/2) nem bontja tovább az autóbusz kategóriát és nem alkalmazza a kisbusz fogalmát, az MH-ban rendszeresített gépjárműveket személyszállító kapacitás tekintetében három fő csoportra oszthatjuk: személygépjárművekre, kisbuszokra és autóbuszokra. A személygépjárművek maximum 9 fő szállítására alkalmasak, a kisbuszok akár 25 főt is képesek szállítani, míg az autóbuszokon a férőhelyek száma akár az 53-at is elérheti. [29] [30] [31]

Az MH járműparkjába tartozó gépjárműveknek műszaki és környezetvédelmi szempontból az 5/1990. évi KöHÉM³ rendeletben foglaltaknak kell eleget tenniük, míg forgalom-

ban tartásuk feltételeit a 6/1990. évi KöHÉM rendelet tartalmazza. [2] Az alternatív hajtásláncú gépjárműveknek ugyanazon műszaki feltételeknek kell megfelelniük, mint a hagyományos, belső égésű motorral szerelt típusoknak. Műszaki vizsgájuk csupán az elektromos rendszer sértetlenségének ellenőrzésével egészül ki.

Az MH gépjárműveit – ha a beszerzési szerződés másképp nem rendelkezik – az MH által üzemeltetett műszaki állomásokon vetik alá az előírt időszakonként műszaki és környezetvédelmi vizsgának. Az MH 13 darab vizsgálóállomását 2012-ben és 2013-ban korszerűsítették, valamint az ott tárolt eszközökre 12 évre biztosították az alkatrész-ellátottságot, illetve a szervizelési és javítási kapacitást. [32]

A polgári szférában, gépjárművásárlás esetén többféle elvárás fogalmazódik meg az új gépjárművel szemben. Ezek közé tartozhat például a kedvező ár, a kedvező áru szervizelés, a gazdaságos tüzelőanyag-fogyasztás, a családcentrikus kialakítás stb. Természetesen a katonai alkalmazásnak is megvannak a sajátos követelményei:

- multifunkcionális;
- NATO-kompatibilitás;
- megbízható működés nehéz terepviszonyok között is;
- magas fajlagos teljesítmény;
- alacsony infrastruktúra-függőség;
- szerény technikai kiszolgálási igény;
- egyfajta szabványos üzemanyagigény;
- családélvű gyártás;
- a szállítási tagozatok körülményeihez történő igazodás. [33]

* Hadnagy, Magyar Honvédség 64. Boconádi Szabó József Logisztikai Ezred, harcanyagellátó szakaszparancsnok. ORCID: 0000-0002-8702-0519

A multifunkcionalitás a sokoldalúságot jelenti, azaz, hogy egy bázisjármű többféle cserefelépítmény hordozására legyen képes, vagy a gépjármű utastere könnyen átalakítható legyen az igényeknek megfelelően (lásd moduláris jármű: autóbusz, sebesültszállító, oltóbusz, törzsbusz). Leginkább akkor nevezhető egy gépjármű multifunkcionálisnak, ha műveleti területen könnyen cserélhető a speciális felépítménye, vagy ha az adott felépítménynek köszönhetően több speciális feladatot is végre tud hajtani.

A NATO- (North Atlantic Treaty Organisation – Északatlanti Szerződés Szövetsége) kompatibilitás azt jelenti, hogy bizonyos műveletek végrehajtását a szövetség többnemzeti keretben tervezi oly módon, hogy a különböző nemzetek eszközeinek szoros együttműködésével, sőt összekapcsolásával valósul meg a kívánt cél. Ilyenkor fontos szempont, hogy a különböző berendezések képesek legyenek együttesen működni a másik eszköz zavarása nélkül. Az interoperabilitás elérésével növelhető a hatékonyság. Ennek alapfeltétele, hogy a különböző NATO-tagállamok beszerzéseik során figyelembe veszik a NATO-szabványokat (STANAG – Standardization Agreement).

A nehéz terepviszonyok közötti megbízhatóság azt jelenti, hogy a gépjárműveknek még off road körülmények között is meg kell felelniük bizonyos menetdinamikai követelményeknek. Ilyen követelmény például a jó terepjáró képesség, valamint, hogy a raksúlykapacitás teljes kihasználása mellett is képesek legyenek a mobilítási követelményeknek eleget tenni (terepviszonyoktól függően képesek legyenek 50–60 km/h-s sebességre).

A magas fajlagos teljesítményre és forgatónyomatékra azért van szükség, hogy az adott gépjárművek a lehető legnagyobb vonóerővel rendelkezzenek, ezáltal bármilyen terepen alkalmazhatók legyenek, illetve, legyenek képesek bizonyos eszközök és más járművek vontatására.

Az alacsony infrastruktúra-függőség azt jelenti, hogy a gépjárműveknek olyan területen is képesnek kell lenniük közlekedniük, ahol az út nem rendelkezik burkolattal, illetve kialakításuknál fogva kiépített logisztikai tárolóhely nélkül is végre lehessen hajtani a rakodást.

Követelmény továbbá a könnyű javíthatóság, azaz akár tábori körülmények között is legyen képes az üzemeltető szervezet javító alegysége a technikai eszköz javítására. A szerény technikai kiszolgálási igény azt jelenti, hogy a gépjárműben található alkatrészeknek rendkívül megbízhatóknak kell lenniük, ezzel növelni lehet az élettartamukat, valamint a javítási és a karbantartási ciklusidejüket. Mindemellett a szakszemélyzetnek képesnek kell lennie a technikai kiszolgálást bármilyen időjárási vagy terepviszonyok között elvégezni. Ennek a követelménynek a teljesítéséhez elengedhetetlen, hogy a gépjárműben rendelkezésre álljanak az 1-es (igénybevétel előtti) és a 2-es (igénybevétel utáni) technikai kiszolgáláshoz megfelelő eszközök, szerzőszámok. A hatfokozatú technikai kiszolgálási rendszer 3. és 4. fokozatát a gépjárművet üzemeltető honvédségi szervezet szervezetszerű javító alegységének kell végrehajtania. Az 5. és 6. technikai kiszolgálást az előírt távolság- (km) kiszabot elérése esetén szükséges végrehajtani. Az 5. fokozatnál részleges felújítást kell elvégezni, míg a 6.-nál teljes felújítást a gyári új állapot megközelítése érdekében.

A szabványos üzemanyagigény azért fontos, mivel a NATO az Egységes üzemanyag-irányelvek (SFP – Single Fuel Policy) keretén belül azt kívánja elérni, hogy minden szárazföldi gépjárműhöz és eszközhöz kizárólag F–34-es üzemanyagot használjanak a tagállamok. Ennek előzménye az 1986-ban született megállapodás, amely során a szárazföldi telepítésű katonai repülőgépeknél az F–40-es

üzemanyagot leváltotta az F–34-es kerozin. A dízelüzemű motorok esetében az F–34-es az F–54-es gázolajat váltotta le. [34] E cél elérése azért fontos, mert az egységes üzemanyaggal, logisztikai szempontból egyszerűbb lenne megoldani az üzemanyag-feltöltést a műveleti területeken.

A családélvű gyártás lényegében hasonlít a multifunkcionalításra. A családélvű gyártásban a bázisjárművek kialakítása nagyvonalakban megegyezik, különbség a vezetőfülke, a teherbírás, a motorválaszték és egyéb technikai jellemzők kialakításában lehetséges. Ez a megoldás egyrészt azért előnyös, mert a gépjárművezetők kiképzése ily módon sokkal egyszerűbb, másrészt döntő többségben ugyanazok az alkatrészek szükségesek a teljes gépjármű-családnak. Ez utóbbinak köszönhetően a javítás is egyszerűbb lesz.

A szállítási tagozatok körülményeihez történő igazodás annyit jelent, hogy a gépjármű a különböző alágazatok általi szállíthatóság követelményeinek eleget tudjon tenni. A közlekedés területén az alábbi alágazatokat különböztetjük meg:

- közúti,
- légi,
- vasúti,
- vízi (tengeri, folyami vagy belvízi).

Ilyen követelmény például vasúti szállítás esetén, hogy a gépjármű a rakszelvényen ne nyúljon túl, vagy például könnyen rögzíthető legyen. Abban az esetben, ha rendelkezik olyan alkatrészekkel, amelyek túlnyúlnak a rakszelvényen, akkor azoknak behajthatóknak vagy könnyen eltávolíthatóknak kell lenniük. Vízi szállítás esetén ilyen követelmény például, hogy a gépjármű méretei ne nyúljanak túl a szállítóeszközön kijelölt rakterületen. [30] [35] [36] [37]

KISBUSZOK

Az MH feladatai közé tartozik béke-, és attól eltérő időszakban is a katonák és a honvédelmi alkalmazottak szállítása napi tevékenységük helyszínére.

Mivel a személygépjárműveknél robbanásszerűen terjednek az alternatív hajtásláncú modellek, ezért egyre több gyártó építi be ezeket a korszerű hajtásláncokat kisbuszokba is. Ilyen típus például a Ford, az Opel, a Peugeot, valamint a Toyota.

Az MH-ban a minibusz kategóriában legnagyobb számban jelenleg a Volkswagen Transporter T4 és T6 modellek állnak rendszerben, valamint kisebb mennyiségben a Ford Transit. A T6 modellből 2016-ban 49 darabot, 2017-ben 86 darabot szereztek be. [24] [38] E modell a kategóriájában hasonló, alternatív hajtásláncú minibuszokkal történő összehasonlítása a 6. táblázatban látható.

A Ford Transit Custom mHEV (mild Hibrid Electric Vehicle – lágy hibrid elektromos autó) (L2H1) – Full hibrid, a Ford Transit Custom PHEV (Plug-in Hibrid Electric Vehicle – konnektoros hibrid elektromos autó) (L1H1) – hatótávnyövelt elektromos autó, és a Peugeot e-Traveller – tisztán elektromos autó kiválasztása során törekedtem arra, hogy a lehető legtöbb alternatív hajtásláncot hasonlítssam össze, bár jelenleg vannak olyan hajtásláncok (hatótávnyövelt, üzemanyagcellás), amelyekkel még nem gyártnak kisbuszt. (10. ábra)

A táblázatból kiolvasható, hogy a Ford PHEV modellje nagyobb nyomatékkal rendelkezik, míg az mHEV teljesítményben is felülmúlja a Transporter T6-os modellt. A négy kisbusz szállítási kapacitása megegyezik, mindegyik 8+1 fő szállítására alkalmas. A csomagter- kapacitás közel azo-





10. ábra. Ford Transit Custom PHEV (bal felső kép) [39], Volkswagen Transporter T6 (jobb felső kép) [40], Peugeot e-Traveller (bal alsó kép) [41] és Ford Transit Custom mHEV (jobb alsó kép) [42]

nos, kivéve a Ford Custom mHEV típust, mert a kocsiszekrény mérete ez esetben a legnagyobb. A három alternatív hajtáslánc típus jellemzőinek összehasonlításából látható, hogy a Ford Custom mHEV nem képes tisztán elektromo-

san közlekedni. Igen érdekes megoldást képvisel a Ford Custom PHEV, mert ez a típus nem egy konnektoros (plug-in) hibrid, hanem egy hatótáv növelt elektromos autó. Ez azt jelenti, hogy 50 km-t megtesz elektromosan, majd bekap-

6. táblázat. Különböző hajtásláncú személyszállító kisbuszok összehasonlítása [24] [43] [44] [45] [46] [47] [48] [49] [50]

Tulajdonságok	Volkswagen Transporter T6 Kombi HT 2.0 TDI SCR BMT	Ford Transit Custom mHEV (L2H1)	Ford Transit Custom PHEV (L1H1) (jelenleg nem elérhető)	Peugeot e-Traveller	
Meghajtás típusa	Belső égésű motor	Mild hibrid	Hatótáv növelt elektromos autó	Elektromos	
Teljesítmény (kW/LE)	110/150	125/170	92/125	100/136	
Nyomaték (Nm)	340	390	355	260	
Hengerűrtartalom (cm ³)	1968	1998	998	-	
Üzemanyag-fogyasztás (l/100 km)	6,3	7,4	9	-	
Szállítási kapacitás	8+1 fő				
Csomagtér (l)	1375 (üléstábla magasságig)	2000 (tetőig)	1300 (tetőig)	1500 (tetőig)	
Az alternatív hajtáslánc jellemzői					
Akkumulátor kapacitása (kWh)	-	0,48	13,6	50	75
Elektromos hatótávolság (km)	-	-	50	230	330
Energiafelhasználás (kW/100 km)	-	-	-	21,74	22,73
Bővített elektromos hatótávolság (PHEV)	-	-	Kb. 600 km	-	
Töltési idő szabványos hálózati csatlakozóval (1,6 kW) (óra)	-	-	8,5	31	47
Töltési idő 22 kW-os gyorsöltővel (laktanyákban telepítve) (óra)	-	-	0,6	2,25	3,4

csol a belső égésű motor, amely közvetlenül hajtja meg az elektromotort, így a gépjármű további 500 km megtételére képes. A töltési időnél kétféle opciót vizsgáltam meg, egyrészt a „hagyományos” konnektoros töltést, valamint a laktanyákban kiépített, legalább 22 kW teljesítményű töltőoszlopokról történő töltést.

AUTÓBUSZOK

Az MH-ban a személyszállítást vizsgálva a kisbuszok mellett az autóbuszokról is szót kell ejteni. Tény, hogy ismert kategóriák még a mikro-, a mini- és a midibuszok is, ezeket azonban nem, vagy csak kis mennyiségben alkalmazzák az MH-ban. A buszok először az első, majd a második világháborúban jelentek meg a hadseregben (pl.: Opel Blitz Omnibus), de akkor még oly módon, hogy azokat a fegyveres erők lefoglalták, és úgy vonták be a katonák szállítására. Az első, kifejezetten katonai célra kifejlesztett buszok a hidegháború idején jelentek meg. Katonai személyszállítás céljára az 1960-as években Magyarországon főként Csepel D-344, ZIL-131 és Ural típusú terepjáró tehergépjárműveket vettek igénybe. Az autóbuszok fegyveres erőknél történő alkalmazása jelentősen növeli a harcértéket, hiszen a szállítás ezzel az eszközzel kevésbé megterhelő a katonák számára, ugyanakkor fenntartás és üzemeltetés szempontjából is sokkal gazdaságosabbak, mint a személyszállításra kialakított katonai tehergépjárművek. Az autóbuszok rendeltetése a személyi állomány szállításán kívül kiterjed egyéb feladatokra is, amelyet leginkább a moduláris jármű testesít meg. [51]

Az MH az 1990-es években döntő többségben a Magyar Néphadseregtől „örökölt” Ikarus buszokkal rendelkezett. Ezek a buszok a saját korukban jó teljesítményű és komfortos szállítóeszközöknek számítottak, a 21. századra azonban már eljárt fölöttük az idő. Ezt követően 2002-ben – átmeneti megoldásként – az MH 21 db közel 30 éves Mercedes-Benz autóbust szerezett be a Bundeswehr készletéből. 2003-ban meghírdették a Gépjármű Beszerzési Prog-

ramot, amelynek keretében az Ikarus EAG (Egyedi Autóbuszgyár Kft.) gyártani kezdte az MH számára az Ikarus E95M típusú járműveket. A kifejezetten az MH részére tervezett és gyártott jármű nevében az „M” utal a military kialakításra, amely például az üléseken elhelyezett fegyvertartó konzolokban is megmutatkozott. A busz utasterének közepén, az ülések között kialakított közlekedő folyosó szélességénél figyelembe vették, hogy a katonák téli ruházatban, felszerelésekkel, fegyverekkel is kényelmesen elférjenek, és mozoghassanak. Mivel a Gépjármű Beszerzési Program csak részlegesen érte el célját, ezért 2013-ban a tárca elindított egy K+F projektet annak érdekében, hogy az MH teljes buszállományát lecseréljék. A Honvédelmi Minisztérium a Currus Zrt.-t bízta meg egy prototípus legyártásával (ez volt a Currus Aries 01), amelyet a cég a Volvo Hungária Kft.-vel együttműködve tervezett. A prototípus sikeres bemutatását követően, a felek 100 db busz legyártásáról írtak alá szerződést. [52]

Jelenleg az MH-ban legnagyobb számban két autóbustípus található meg, az Ikarus E95M, és a Currus Aries 01. E két típus és az alternatív hajtásláncú buszok összehasonlítása a 7. táblázatban található. Az említett típusokat – Scania Irizar i4 Hybrid-del (full hibrid) és a BYD Coach C9 (elektromos) – a 11. ábrán mutatom be.

Az MH-ban rendszeresített modellek és az alternatív hajtásláncú buszok kiválasztása során a hasonló paraméterekkel rendelkező típusokat vettem figyelembe az összehasonlítás során. Az adatok forrásának feltüntetésénél a Currus Zrt. által szolgáltatott információkat és gyári katalógusok adatait alkalmaztam.

A 7. táblázatból kitűnik, hogy ebben a járműkategóriában az alternatív hajtásláncú típusok teljesítményben és nyomatékban egyaránt felülmúlják a hagyományos belső égésű motoros típusokat; tüzelőanyag-fogyasztásuk kisebb, üzemeltetésük ezáltal gazdaságosabb. Az alternatív hajtásláncú buszok szállítási kapacitása jelentősen nagyobb, hiszen közel egy méterrel hosszabbak, mint az MH-ban rendszeresített változatok. Az alternatív hajtáslánc jellemzőit figyelembe véve szembetűnő, hogy a Scania

7. táblázat. A különböző meghajtású buszok összehasonlítása [57] [58] [59] [60] [61]

Tulajdonságok	Ikarus E95M	Currus Aries 01	Scania Irizar i4 Hybrid	BYD Coach C9
Meghajtás típusa	Belső égésű motor		Full hibrid	Elektromos
Teljesítmény (kW/LE)	260/354	240/326	239/320 (dízel) 130/177 (elektromotor)	2 × 150/2 × 201 (kerékagyban)
Nyomaték (Nm)	1600	1400	1600 (dízel) 1030 (elektromotor)	2 × 1500 (kerékagyban)
Hengerűrtartalom (cm ³)	11 970	7698	9291	–
Üzemanyag-fogyasztás (l/100 km)	30	30	28,2	–
Szállítási kapacitás (fő)	42+1	40+1	53+1	59+1
Az alternatív hajtáslánc jellemzői				
Akkumulátor kapacitása (kWh)	–	–	4,5	324
Elektromos hatótávolság (km)	–	–	kb. 6	200
Energiafelhasználás (kW/100 km)	–	–	75	162
Töltési idő szabványos hálózati csatlakozóval (1,6 kW) (óra)	–	–	2,75	202,5
Töltési idő 22 kW-os gyorstöltővel (laktanyákban telepítve) (óra)	–	–	0,2	14,75





11. ábra. Currus Aries 01 (bal felső kép) [53], Scania Irizar i4 Hybrid (jobb felső kép) [54], BYD Coach C9 (bal alsó kép) [55] és Ikarus E95M (jobb alsó kép) [56]

hibridje egy kiforratlan típus, mivel elektromos hajtással csak 6 km megtételre képes. Ezzel ellentétben a BYD Coach C9 akár 200 km-t is képes megtenni egy töltéssel, ezután azonban 15 órán keresztül nem lehet igénybe venni a töltés miatt.

Jelenleg még csak a fővárosi, valamint a repülőtérrel rendelkező vidéki alakulatoknál található kiépített DC- (direct current – egyenáram) és AC- (alternating current – váltakozó áram) töltőoszlop, amelyek rendszerezését a 8. táblázat tartalmazza.

8. táblázat. A Magyar Honvédség alakulatainál található elektromos töltőoszlopok [62]

Helyszín	Oszlop típusa
HM II objektum (1135 Budapest, Lehel utca 35–37.)	DC AC
Petőfi laktanya (1113 Budapest, Budaörsi út 49–53.)	DC AC 1 AC 2
Báró Hazai Samu laktanya (1095 Budapest, Soroksári út 152.)	DC
MH ARB ⁴ központi telephely (1163 Budapest, Újszász utca 37–39.)	DC
MH 86. Szolnok Helikopter Bázis (5000 Szolnok, Kilián út 1.)	AC
MH Pápa Bázisrepülőtér (8500 Pápa, Vaszari út 101.)	AC
MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülőbázis (6000 Kecskemét, Reptéri út 4.)	AC

Egy másik fontos kérdés az alternatív hajtásánc katonai alkalmazhatóságával kapcsolatban, hogy milyen mértékben merülnek le az akkumulátorok, amennyiben nincsenek igénybe véve. Előfordulhat, hogy a gépjárművek igénybevétele hosszabb ideig nem kerül sor.

A két legelterjedtebb akkumulátortípus a lítium-ion és a lítium-polimer. A legtöbb alternatív hajtásláncú gépjárműben lítium-ion akkumulátor található, hiszen a lítium kis fajsúlya mellett az egyik legjobb elektrokémiai vezető. Az akkumulátor pozitív tulajdonságai közé sorolható továbbá a nagy teljesítmény és az energiasűrűség, a sokoldalú felhasználási lehetőség, és a hosszú élettartam. Mindezek mellett az alacsony önkisülési tulajdonságának köszönhetően jól tartja a töltöttséget abban az esetben is, ha a busz igénybevétele huzamosabb ideig szünetel. [63]

A lítium-ionhoz képest a lítium-polimer kisebb energiasűrűséggel rendelkezik. Hátránya, hogy a magasabb önkisüléséből adódóan igénybevétel nélkül gyorsabban lemerül. Az ilyen típusú akkumulátorokat olyan közlekedési eszközökben érdemes alkalmazni, amelyek folyamatosan mozgást hajtanak végre, mint például a városi buszok. [63] Ugyanakkor a lítium-polimer akkumulátorok szerkezetileg jóval masszívabbak, kevésbé hajlamosak az elektrolit-szivárgásra.

ÖSSZEZÉS

A táblázatokba foglalt információk figyelembevételével megállapítható, hogy a Volkswagen Transporter T6 típusú kisbuszok cseréje leginkább a Ford Transit változataira lenne kedvező, mivel azok nem függenek az elektromos töltőoszlopok kiépítettségétől, ezáltal minősített időszak-

9. táblázat. A buszok fajlagos teljesítményének és nyomatékának összehasonlítása [55] [57] [58] [59] [60]

Autóbuszok	Saját tömeg (kg)	Teljesítmény (kW)	Nyomaték (Nm)	Fajlagos teljesítmény (kW/t)	Fajlagos nyomaték (Nm/t)
Ikarus E95M	13 670	260	1600	19	117
Currus Aries 01	12 981	240	1400	18,48	107,84
Scania Irizar i4 Hybrid	14 061	239+130 369	1600+1030 2630	26,24	187,04
BYD Coach C9	14 000	2 × 150 300	2 × 1500 3000	21,42	214,28

10. táblázat. Az autóbuszok csomagterhelésének összehasonlítása [55] [57] [58] [59] [60]

Jellemzők	Ikarus E95M	Currus Aries 01	Scania Irizar i4 Hybrid	BYD Coach C9
Megengedett legnagyobb össztömeg	19 000 kg	19 000 kg	belföld: 20 000 kg nemzetközi: 19 500 kg	18 000 kg
Saját tömeg (kg)	13 670 + 75 kg	12 981 + 75 kg	14 061 + 75 kg	14 000 + 75 kg
Csomagterhelés (kg)	5 255 kg	5 944 kg	5 864 kg	3 925 kg

ban is könnyen tölthetők és gyorsan igénybe vehetők lennének. A Ford Transit Custom mHEV annyival előnyösebb a PHEV típussal szemben, hogy vontatásra is képes, bár a jelenleg rendszerben lévő kisbuszokat jellemzően nem szokták vontatási feladatokra alkalmazni. Jól látható, hogy a Transit mHEV tüzelőanyag-fogyasztása 17%-kal nagyobb, mint a Transporteré, ugyanakkor teljesítménye 13%-kal, míg nyomatéka 15%-kal nagyobb.

A tisztán elektromos Peugeot e-Traveller is alkalmas lehet a VW Transporterek leváltására, mivel az 50 kWh kapacitású akkumulátorral 230 km, míg a 75 kWh kapacitásúval 330 km megtételére képes. (Ezeket az adatokat azonban jelentősen befolyásolják a menetdinamikai körülmények.) Ez a két hatótávolság azért jelentős, mert nincs olyan alakulat, amelyiknek a 230 km-es körzetében ne lenne egy másik alakulat. Tény, hogy belföldi szállítások esetén ritkán kerül sor arra, hogy több, mint 330 km-t kell megtenni. Ekkora távolságú szállítás esetén azonban nagy valószínűséggel érintenek olyan települést, ahol található katonai szervezet, így ott szükség esetén fel lehetne tölteni ezeket a gépjárműveket. Ennek a megoldásnak hátránya, hogy a gépjármű és a személyi állomány akár óráig is „munkaképtelen” lehet, és nem tudja folytatni a feladatot.

A buszok adatainak összehasonlítása során megállapítható, hogy az alternatív hajtásláncú járművek tömege nagyobb, mint a hagyományos belső égésű motorral szerelt típusoké, arányaiban azonban nagyobb teljesítménnyel és nyomatékkal rendelkeznek. A 9. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy az Ikarus E95M-hez képest a Scania és a BYD busza 2%-kal nehezebb, fajlagos teljesítményük 38 és 13%-kal, míg fajlagos nyomatékuk 60 és 83%-kal nagyobb. A Currus Aries-hez viszonyítva a Scania és a BYD körülbelül 8%-kal nehezebb, fajlagos teljesítményük azonban 42 és 16%-kal, fajlagos nyomatékuk pedig 73 és 98%-kal nagyobb.

Az alternatív hajtásláncú buszok hosszabb törzse is előnyös, míg a Currus és az Ikarus 40–42 fő szállítására alkalmas, addig a Scania és a BYD akár 53–59 ülőhellyel is rendelkezhet. Csomagterhelés tekintetében a Scania és a BYD esetében nincsen fix adat, mivel ezeket a buszokat külön megrendelésre gyártják. Ennek következtében szélsőséges esetben akár az is előfordulhat, hogy egyedül a gépjárművezető közlekedik az autóbusszal, és a megengedett legnagyobb össztömegig csak csomagterhelés adódik. Abban az esetben, ha a 7. táblázatban található ada-

tokat vesszük alapul, és a 6/1990. KöHÉM rendeletben meghatározott 75 kg tömegű gépjárművezetővel számolunk, akkor a 10. táblázatban található adatok adódnak. [2]

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [29] 1/1975. (II.5.) KPM-BM együttes rendelet a közúti közlekedés szabályairól https://net.jogtar.hu/getpdf?docid=97500001.KPM&targetdate=ffffff4&printTitle=1/1975.+%28II.+5.%29+KPM-BM+egy%C3%BCttes+rendelet&referer=http%3A/net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi%3Fdocid%3D00000001.TXT (Letöltve: 2022.2.16.);
- [30] Tudasbazis.sulinet, Az autóbusz fogalma Meghatározó követelmények az autóbuszokkal kapcsolatosan <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/kozlekedes/kozlekedesi-alapismeretek/kisbusz-csuklos-busz/kisbusz> (Letöltve: 2022.2.4.);
- [31] Volánbusz.hu, Buszbérlés, url: <https://www.volanbusz.hu/hu/kapcsolat/buszberles> (Letöltve: 2022.2.4.);
- [32] Szabados Péter. „A Magyar Honvédség gépjárműveinek műszaki és környezetvédelmi vizsgáztatása a hazai és uniós követelmények tükrében”, Katonai Logisztika 22. évfolyam 1. szám (2014): 154–172. http://epa.oszk.hu/02700/02735/00077/pdf/EPA02735_katonai_logisztika_2014_1.pdf (Letöltve: 2022.2.16.);
- [33] Dr. Szűcs László (2002): A katonai közlekedéstechnika helye, szerepe a katonai műszaki tudományokban c. előadása, url: <https://slideplayer.hu/slide/2153268/> (Letöltve: 2022.2.4.);
- [34] Arcanum.com, url: <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/TenyekKonyve-tenyek-konyve-1/nato-16647/dokumentumok-1831D/a-nato-uj-logisztikai-koncepcioja-183D7/szabvanyositas-18407/> (Letöltve: 2022.9.25.);
- [35] Dani Ferenc (2018): A katonai anyagszállító gépjárművekkel szemben támasztott követelmények, azok megfelelése a Magyar Honvédségben, Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, KSZ 7941 (Letöltve: 2022.2.16.);



- [36] Arcanum.com, url: <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/TenyekKonyve-tenyek-konyve-1/nato-16647/dokumentumok-1831D/a-nato-uj-logisztikai-koncepcioja-183D7/szabvanyositas-18407/> (Letöltve: 2022.2.8.);
- [37] Vass Gyula – Zsitnyányi Attila (2019): Multifunkcionális járművek alkalmazása a katasztrófavédelemben, Budapest, Hadmérnök 14. évfolyam 2. szám pp. 46–47. doi: 10.32567/hm.2019.2.4 http://www.hadmernok.hu/2019_2_teljes_sz%C3%A1m.pdf (Letöltve: 2022.3.16.);
- [38] Intézkedési terv a VW T6 Kombi RT 2.0 TDI SCR BMT típusú transzporterek használatba vételére, Magyar Honvédség Logisztikai Központ kiadványa (Nyt. szám: 144-35/2016)
- [39] Forrás: Ford.hu, Ford Transit Custom Kombi, https://www.ford.hu/content/dam/guxeu/rhd/central/cvs/2018-transit-custom/pre-launch/gallery/exterior/16x9/ford-transit_custom-eu-3_V362_39494_L_41753-16x9-2160x1215.jpg.renditions.small.jpeg (Letöltve: 2022.2.16.);
- [40] Forrás: <https://bbzaphoto.hu/2021/06/25/volkswagen-transporter-t6-kulonleges-szallitmany-kiseres/> (Letöltve: 2022.2.3.);
- [41] Forrás: Vezess.hu, Svékus Gergő: Nyolcszemélyes elektromos busz a Peugeot-tól <https://www.vezess.hu/haszongepjarmu/2020/06/04/peugeot-e-traveller-2020/> (Letöltve: 2022. 2. 3.);
- [42] Forrás: Ford.hu, Ford Transit Custom Kombi, https://www.ford.hu/content/dam/guxeu/rhd/central/cvs/2018-transit-custom/launch/gallery/exterior/16x9/ford-transitcustomkombi-eu-3_V362_44949_L_48080-16x9-2160x1215-orange-transit-custom-kombi-side-view.jpg.renditions.small.jpeg (Letöltve: 2022.2.16.);
- [43] A Volkswagen magyarországi hivatalos képviselőjének adatbázisából;
- [44] A Ford magyarországi hivatalos képviselőjének adatbázisából;
- [45] Ford.hu, Ford Transit Custom Felszereltség és technikai specifikáció, https://www.ford.hu/content/dam/guxeu/hu/hu_hu/documents/feature-pdfs/FT-Transit_Custom.pdf (Letöltve: 2022.1.27.);
- [46] Ford.hu, Ford Transit Custom katalógus, https://www.ford.hu/content/dam/guxeu/hu/hu_hu/documents/brochures/cvs/BRO-ford_transit_custom.pdf (Letöltve: 2022. 1. 27.);
- [47] autonavigator.hu, Hamvas Tamás: Hatótávnövelős villanyautó az új Transit – Kipróbáltuk!, <https://www.autonavigator.hu/cikkek/hatotavnoveles-villanyauto-az-uj-transit-kiprobaltuk/> (Megtekintve: 2022. 1. 30.);
- [48] Peugeot.hu, Peugeot e-Traveller árlista, <https://media.ndp.awsmppsa.com/file/79/9/etraveller-arlista.789799.pdf> (Letöltve: 2022. 3. 2.);
- [49] Peugeot.hu, Új Peugeot e-Traveller, <https://www.peugeot.hu/hirek-ujdontasok-sport/hirek/uj-peugeot-e-traveller.html> (Letöltve: 2022. 2. 20.);
- [50] villanyautosok.hu, Simon Zsolt: Elektromos hajtást kapott a Peugeot Traveller kisbusz, <https://villanyautosok.hu/2020/06/05/elektromos-hajtast-kapott-a-peugeot-traveller-kisbusz/> (Letöltve: 2022. 2. 20.);
- [51] Ott István Dániel (2020): A CURRUS ARIES 01 többfunkciós moduláris jármű kifejlesztése és feladatai a magyar haderőben, Budapest, Haditechnika 54. évfolyam 4. szám DOI: 10.23713/HT.54.4.12 ISSN 1786-996X http://real-j.mtak.hu/14853/4/HT_2020-4_internet.pdf (Letöltve: 2022. 2. 22.);
- [52] Ott István Dániel (2020): A CURRUS ARIES 01 többfunkciós moduláris jármű kifejlesztése és feladatai a magyar haderőben, Budapest, Haditechnika 54. évfolyam 5. szám ISSN 1786-996X DOI: 10.23713/HT.54.5.11 http://real-j.mtak.hu/14853/5/HT_2020-5_internet.pdf (Letöltve: 2022. 2. 22.);
- [53] https://www.busworldblog.com/post/hm_currus_atado (Letöltve: 2022. 2. 24.);
- [54] https://www.irizar.com/wp-content/uploads/2017/02/Irizar-i4-hibrido2_slider.jpg (Letöltve: 2022. 2. 24.);
- [55] <https://sg.byd.com/c9/> (Letöltve: 2022.2.24.);
- [56] https://www.google.com/search?q=Ikarus+E95M&sxsrf=APq-WBs_nBuBkjoR SBcFRpJMUYD5eIEpg:1645731613284&source=Inms&tbnm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj7dGBjJn2AhWh-ioKHb-DB9cQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=625&dpr=1 (Letöltve: 2022.2.24.);
- [57] Honvédelmi Minisztérium Technológiai Hivatal (2003): Gyártási és Átvételi Technikai Utasítás az E 95 MV és E 95 MT típusú autóbuszok katonai átvételére;
- [58] Ott István Dániel. „A CURRUS ARIES 01 többfunkciós moduláris jármű kifejlesztése és feladatai a magyar haderőben III. rész”, Haditechnika 54. évfolyam 6. szám (2020): 58–63. <http://doi.org/10.23713/HT.54.6.12> (Letöltve: 2022.2.22.);
- [59] Scania.com, Scania Irizar i3LE & i4 műszaki adatok, <https://www.scania.com/content/dam/www/market/master/products/buses-and-coaches/pdfs/technical-specification-scania-irizar.pdf> (Letöltve: 2022.2.22.);
- [60] bydeurope.com, Coach, <https://bydeurope.com/pdp-bus-model-c9> (Letöltve: 2022.2.22.);
- [61] revecodrive.com, BYD C9, <https://revecodrive.com/product/byd-electric-bus-c9/> (Letöltve: 2022.2.22.);
- [62] HM Védelemgazdasági Hivatal Biztonsági Beruházási, EU-s Fejlesztési és Környezetvédelmi Igazgatóság EU-s Fejlesztési Osztály tájékoztatása alapján. (A cikk leadása óta, az 55/2022. HM utasítás alapján a katonai szervezetek megnevezése és hadrendi száma változott.);
- [63] e.on.hu, Elektromos autó akkumulátor: típusai, élettartama, <https://www.eon.hu/hu/blog/e-mobilitas/elektromos-auto-akkumulator-tipusai-elettartama.html> (Letöltve: 2022.8.8.).

JEGYZETEK

- 2 HVKF – Honvéd Vezérkar főnök.
3 KöHÉM – Közlekedési, Hírközlési és Építésügyi Minisztérium.
4 MH ARB – Magyar Honvédség Anyagellátó Raktárközpont.

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



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

A Bayraktar drónok I. rész

A BAYKAR CÉG HÁTTERE

A Bayraktar egy török családnév, amelynek jelentése „zászlóvivő”. Az e néven ismertté vált drónok fejlesztője és gyártója egy török magánvállalat, amelynek neve Baykar Teknoloji (Baykar Technology), illetve hivatalosan Baykar Makina Sanayi ve Ticaret A.Ş. (Baykar Gépgyártó és Kereskedelmi Kft.). A családi céget 1986-ban alapította Özdemir Bayraktar, akinek 2021-ben történt halála után fiai Selçuk, Haluk és Ahmet vették át az irányítást. A BAYraktar KARdeşler kifejezés a „Bayraktar fivérek” rövidítésével és összevonásával keletkezett mozaikszó. A 2000 főt foglalkoztató cég jelenleg Törökország egyik leginnovatívabb vállalkozása, tevékenységének fókuszában a katonai UAV¹-k fejlesztése és gyártása, a kommunikációs eszközök előállítására és a mesterséges intelligencia állnak. [1]

A vállalkozás kezdetben jármű- és egyéb gépipari alkatrészek gyártásával, elsősorban CNC2 megmunkálással foglalkozott. A drónokkal az ezredforduló környékén, elsősorban a legidősebb fiú, Selçuk – akit a sajtóban többször „a török drónok atyjaként” említettek – hatására kezdett foglalkozni a cég. Selçuk 2002-ben, villamosmérnöki diplomája megszerzését követően csatlakozott a 2000-ben alakult fejlesztő csoporthoz és vette át annak irányítását. Tevékenysége új irányt adott a családi vállalkozásnak és új perspektívát a török haderőnek. [2]

AZ ELSŐ BAYRAKTAR DRÓNOK

A Baykar cég dróntevekenysége hamar nagy hírnévre tett szert, mert megnyerte a török védelmi minisztérium első, 2005-ös, mini drónok fejlesztésére szóló tenderét, és 2007-től már meg is kezdték a Bayraktar Mini UAV gyártását. (1. ábra). Ez az alaptípus később a Bayraktar A nevet kapta, míg korszerűsített változata a Bayraktar B típusváltozat. (1. táblázat) Napjainkra ezekből a könnyű, kézből indítható, felderítő eszközökből több mint 500 darabot gyártottak, amelyeket a török hadsereg 2008-ban, Katar pedig 2011-ben rendszeresített. A drón üzemeltetéséhez két fő szükségesség. A kompozit anyagokból épült felsőszárnyas, V-farokelrendezésű sárkányszerkezet kellően masszív, amelyet egy darab akkumulátorral tápált elektromotorral hajtott tolólégcsavar mozgat. [3]

ÖSSZEFOGLALÁS: A Bayraktart, vagyis a TB2 futóműves indítású MALE UCAV-ot 2016-tól a török Baykar Makina cég gyártja. A felfegyverzett TB2 UAV a 2020. évi azeri–örmény háborúban, majd a 2022. évi orosz–ukrán háborúban egyaránt jelentős szerephez jutott. 2020-ban UAV-ezred szervezetben alkalmazták. A tanulmány a Bayraktar drónok történetét dolgozza fel, különös tekintettel a TB2 típusra.

KULCSSZAVAK: UCAV, Bayraktar TB2, Baykar Technology, UAV-ezred, azeri–örmény háború, orosz–ukrán háború

1. táblázat. A Bayraktar Mini A és B változat összehasonlítása (A szerzők szerkesztése [4] alapján)

	Bayraktar A	Bayraktar B
Hosszúság	1,2 méter	
Szárnyfeszítávolság	1,6 méter	1,9 méter
Tömeg	3,5 kg	4,5 kg
Szolgálati repülési magasság	300 méter	900 méter
Maximális repülési magasság	3500 méter	
Szenzor	fix CCD és hőkamera	dönthető CCD és hőkamera
Cirkáló sebesség	75 km/h	55 km/h
Működési idő	minimum 60 perc	
Adatkapcsolati távolság	10 km	15 km (irányított antennával)
Indítás	kézből	
Leszállás	hasra	hasra/ ejtőernyővel

1. ábra. Török katona Bayraktar mini UAV-t indít [4]



ABSTRACT: The Bayraktar, the TB2 undercarriage-launched MALE UCAV produced by the Turkish company Baykar Makina from 2016. The armed TB2 UAV played a major role in the 2020 Azeri-Armenian war and the 2022 Russian-Ukrainian war. It was used in a UAV regiment force-structure in 2020. This article discusses the history of Bayraktar drones, with a special focus on the TB2 type.

KEY WORDS: UCAV, Bayraktar TB2, Baykar Technology, UAV regiment, Azeri-Armenian war, Russian-Ukrainian war

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

** Alezredes, PhD, regülőgép-vezető, repülőmérnök, NKE Katonai Műszaki Doktori iskola oktató. ORCID: 0000-0002-1923-3432

*** Mk. alezredes, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, tanársegéd Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz. ORCID: 0000-0003-2543-6049



A Bayraktar A és B típusú UAV földi harcászati célok nappali és éjszakai vizuális felderítésére szolgál. A célpont koordinátáit – amennyiben az operátor validálta azt –, 10 méter pontossággal képes folyamatosan közvetíteni. Az eszköz sikeréhez – sárkányszerkezetének robusztus és megbízható felépítésén kívül – leginkább az egyszerű használat járult hozzá, amelyet részben a legkorszerűbb automata és félautomata repülési rendszerei biztosítanak. A mini UAV B variánsát napjainkban is használják, de 2021-ben már elkészült a korszerűbb D változat is. Ez a B változatnak megfelelő sárkány mellett 2 órás üzemidőt, nagyobb szolgálati magasságot, 30 km-es adatátviteli távolságot és fejlettebb szenzorokat ígér. Rendszeresítéséről még nincs információ.

A BAYRAKTAR AZAZ A BAYRAKTAR TB2

A cég a sikeres mini UAV-projekt után is lendületben maradt, lényegében azok gyártásával párhuzamosan, már 2007-ben elkezdték egy lényegesen nagyobb, taktikai, azaz már csapásmérésre is alkalmas eszköz fejlesztését. Több koncepció után a Bayraktar TB1 2011-ben emelkedett először a levegőbe. Ez az eszköz megmaradt prototípusnak, de a sikeres tesztek alapján a török haderő által megrendelt TB2 ezen a típuson alapul, hiszen már a TB1 is magán viseli a TB2 főbb jegyeit. A mini UAV villanymotoros meghajtásáról áttértek az ebben a méretben már hatékonyabb, belső égésű motorra, de ragaszkodtak a tolólégcsavarhoz. Ez az elrendezés a merevszárnyú drónok esetében elég gyakori, mert alacsonyabb fajlagos üzemanyag-fogyasztást, azaz nagyobb repülési időt biztosít, mint a vonólégcsavar. A drónok esetében ez többnyire nem prioritás, de mivel ilyenkor a légcsavar által keltett légáramlat közvetlenül éri a farokra, kedvezőbb a manőverezhetőség is. A tolólégcsavar a törzs feletti részen felgyorsítja az áramlást, amely plusz felhajtóerőt eredményez, lényegében a törzs is szárnyként viselkedik, illetve csökkenti a leszakadt örvénylést, így ezzel az ellenállást is. Valószínűleg a tolólégcsavar áramlástani jellegzetességei miatt alakították ki a török konstruktőrök a kettős törzsnívéllyel rendelkező sárkányszerkezetet, amelyet egy fordított V alakú farok zár. Ez a sajátos forma napjainkra a Bayraktar drónok ismertetőjegyévé vált, és tulajdonképpen ez a típus, a TB2 az elhíresült „Bayraktar drón”.

A török hadsereg – nem kis részben az USA-ban 1995-től rendszeresített General Atomics MQ-1 Predator sikerei okán – már a 2000-es évek elején jelezte az igényét egy

2. ábra. Az ukrán haderő egyik TB2-ese Mykolaivban, 2021 nyarán [5]



3. ábra. Örmény katonák egy lelőtt Bayraktar TB2-est vizsgálják [8]

hasonló MALE³ típusú drónra. Először vásárolni próbált ilyen eszközt, de az USA elzárkózott ettől. A hivatalos indoklás szerint azért nem adtak el a törököknek a csapásmérésre is alkalmas drónokat, mert azokat a kurdok ellen kívánták bevetni. Bár ez a vád sem alaptalan, valószínűbb, hogy az USA és Törökország viszonyának megromlása (amely az orosz Sz-400-as Triumph [NATO-kódja: SA-21 Growler] légvédelmi rakétarendszerek vásárlása nyomán csúcscsodott ki) miatt nem kaphatott ilyen korszerű eszközt Törökország. Végül 2005-ben sikerült vásárolniuk 10 db IAI Heron (Machatz-1) típusú drónt Izraeltól, amihez 2007-ben béreltek még 3 db Aerostar TUAV4-est is [6]. Miután a beszerzési lehetőségek továbbra is korlátozottak voltak, végül a törökök a saját fejlesztés mellett döntöttek. A török hadsereg saját drónok iránti igénye időközben annyira megerősödött, hogy jelenleg már közel 20 startup cég foglalkozik ilyen repülőeszközök fejlesztésével, ugyanakkor jelentős piaci részesedéssel és komoly exportsikerekkel csak a Baykar büszkélkedhet.

A Baykar pragmatikus szemlélettel tekint a drónfejlesztésre. Miután 2005-től az USA-ban megjelent a Predator már csapásmérésre is alkalmas változata, az MQ-9 Reaper, nem volt kérdéses, hogy a létrehozandó gépnek nemcsak felderítésre, de csapásmérésre is alkalmasnak kell lennie, azonban a tervezők egy szerényebb méretű eszközben gondolkodtak. A sárkány fejlesztésénél maximálisan kihasználták az izraeli gépekkel szerzett tapasztalatokat [7], és a karbon üvegszálak együttes alkalmazásával egy erős, de mégis könnyű platformot alkottak. A gép egyéb részeit tekintve azonban sokan megkérdőjelezik a Baykar fejlesztői tevékenységét, mivel a repülőgép sok külföldi alkatrészt tartalmaz. Ugyanakkor a repülőipari követelményeknek és a minőségbiztosításnak megfelelő külföldi alkatrészek felhasználása a repülőipari szektorban általános. A legtöbb részegység természetesen amerikai, így amiatt, mert egy időben a törökök kijátszották az exporttilalmat, még egy kongresszusi vizsgálat indítása is napirendre került az USA-ban. Különösen felerősödtek ezek a hangok 2020-ban, amikor a nyugat felé kacsingató Örményország a (második) hegyi-karabahi háborúban súlyos vereséget szenvedett a törökök, és a török drónok által támogatott azeri erőktől. Miután 2021-től már az oroszok kénytelenek elszenvedni a Bayraktarok tevékenységét, ezek a hangok hirtelen elnémultak. (3. ábra)

BAYRAKTAR TB2, A SZEGÉNY EMBER PREDATORA

Az a tény, hogy a TB2 egy jelentős része nyugati, elsősorban amerikai technológiákra épít, semmit sem von le a tervezők érdemeiből. Bár ezt az UAV-t részben a kényszer szülte, rendkívül ügyesen, a szabadpiacról (COTS⁵) szereztek be a szükséges alkatrészeket, amelyek felhasználásával egy olyan eszközt sikerült létrehozniuk, amely nemcsak beváltotta a hozzá fűzött reményeket, de egy hatalmas piaci rést is betöltött. Számos ország létezik, ahol szívesen alkalmaznának drónokat, de a vezető amerikai és izraeli típusokat politikai okokból nem tudják beszerezni, vagy egyszerűen azok „kissé” túlárazottak a számukra. Eddig Törökországon kívül kilenc ország (Azerbajdzsán, Etiópia, Katar, Kirgizisztán, Líbia, Marokkó, Pakisztán, Türkmenisztán és Ukrajna) rendszeresítette a drónt, illetve további három ország – Irak, Lengyelország és Niger – rendelt még belőle. A felsorolt államok mellett élénken érdeklődött a típus iránt Albánia, Bulgária, Kazahsztán, Lettország, Omán, Ruanda, Szomália, Szerbia, Szlovénia és Magyarország is, bár hazánk érdeklődik pl. a szintén török Vestel cég Karayel drónjai iránt is [9].

A Bayraktar TB2 „lelke” egy osztrák gyártmányú Rotax 912 típusú, négyhengeres, benzinüzemű boxermotor. A fekvő hengerelrendezés híres a megbízhatóságáról, az egyszerűségéről és a könnyen kezelhetőségéről, így nem csoda, hogy ennek a típusnak a különféle változataiból

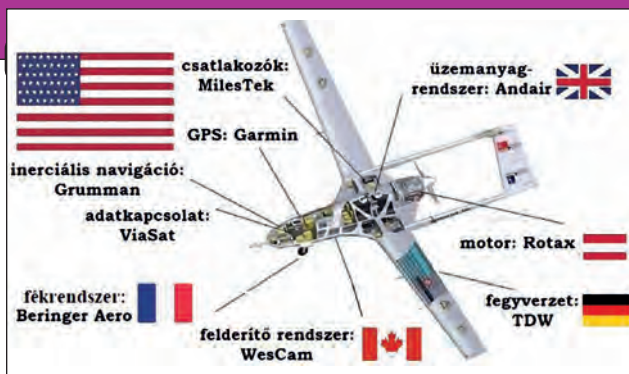
1989 óta már több, mint 50 000 darabot értékesítettek, elsősorban könnyű és ultrakönyű sportrepülőgépek erőforrásaként. A TB2-ben dolgozó motor az első, karburátoros változatokkal szemben már injektoros. Az 1211 cm³ hengerűrtartalmú erőforrás vízűtéses, maximális teljesítménye 74 kW (100 LE). A maximális fordulatszáma 5800 1/min, de a legtöbb esetben – vélhetően a TB2 esetében is – a légcsavar már csak 2000–2400 fordulatot tesz meg percenként. A motor legfőbb vonzereje azonban nem a teljesítmény, hiszen a 61 kW-os literteljesítmény még átlagosnak is alig mondható. A mérsékelt fogyasztás és a karbantartások közötti 2000 órás üzemidő tette a könnyű repülőgépet, illetve a jelenleg vizsgált UAV-kategóriában is optimális választássá. [11] A Rotax 912 típusú motornak is létezik 86 kW-os, turbófeltöltésű változata, vélhetően ennek a motornak a módosításával érték el a publikált csúcsmagasságot is.

A futómű fékrendszere a francia Berlinger Aero, az üzemanyagellátó rendszer a brit Andair terméke. Amerikai gyártmányú az EnerLinks III típusú adatátviteli modul (ViaSat), az LN-200 inerciális (Grumman) és a GCR 255 GPS (Garmin) navigációs berendezés, illetve a fedélzeti rendszerek csatlakozói és elosztói a szintén amerikai MilesTek gyártmányai. Az MX-15D-SW nappali és infravörös (IR) célmegfigyelő és -kijelölő rendszer a kanadai WesCam-től származik, amely cég az amerikai L3Harris beszállítója. [12] Számottevő még a német részegységek

2. táblázat. Néhány NATO Class I-II UAV főbb paramétereinek összehasonlítása (A szerzők szerkesztése [13] alapján)

Típus	Bayraktar TB2	Sperwer B	Rustom	Hermes 450	Searcher Mk II	Falco EVO	Airbus Atlante	Karayel
Gyártó	Baykar Makina Istanbul	Safran Electronic & Defense	Aeronautical Development Establishment	Elbit Systems Ltd.	Israel Aerospace Industries	Leonardo Airborne	Airbus Defense and Space Madrid	Vestel Defense
Hosszúság (m)	6,5	3,5	5,12	6,1	5,85	6,2	5,47	6,5
Fesztávolság (m)	12	6,8	7,9	10,5	8,55	12,5	8	10,5
MTOW (kg)	650	350	720	550	426	650	570	550
Hasznos teher tömege (kg)	55	65	95	180	100	100	100	35
Hasznos teher – MTOW arány (%)	8	19	13	33	23	15	18	6
Maximális teljesítmény (kW)	73,55	48,5	84,5	38,8	56	56	n.a.	72
Hajtómű típusa	Rotax 912	Rotax 586	Rotax 914 F	UEL AR 801	UEL AR 682	UEL AR 682	n.a.	n.a.
Teljesítmény – tömeg arány (%)	11,7	13,9	11,7	7,1	13,1	8,6	n.a.	13,1
Maximális sebesség (km/h)	220	150	150	176	201	217	200	150
Utazósebesség (km/h)	130	90	125	130	n.a.	n.a.	135	115
Hatótávolság (km)	4000	74	350	300	350	200	250	2555
Kommunikációs hatótávolság (km)	150	200	250	n.a.	200	200	n.a.	150
Üzemidő (óra)	20	12	15	17	15	20	14	20
Maximális repülési magasság (ft)	22 500	20 000	26 000	18 000	20 000	6000	20 000	22 500





4. ábra. Külföldről beszerzett alkatrészek a TB2 drónban (A szerzők szerkesztése a [10] alapján)



5. ábra. A felfegyverezhető Bayraktar TB2 drón rakéta- és bombafegyverzete, illetve a rávezetést végző törzs alatti FLIR-kupola [19]

aránya is. A magasságmérő pl. a Hensoldt terméke, és ami külön említést érdemel, az a fegyverzet. (4. ábra)

Megállapítható, hogy a fődarabok többsége nem képviseli a mindenkorai csúcstechnológiát (hiszen akkor aligha lenne szabadon hozzáférhető), így kérdésként az is felmerül, hogy mi okozza a TB2 népszerűségét. Ennek megválaszolására érdemes összehasonlítást végezni a piacon jelenleg elérhető, hasonló célú és azonos kategóriájú drónokkal. Az összehasonlítás alapját a Jane's All the World's Aircraft: Unmanned 2019–2022 kiadvány képezte, amelyből azon légi járművek kerültek be az összevetésbe, amelyek maximális felszálló súlya (MTOW – Maximum Takeoff Weight) közel esik a Bayraktar TB2-es azonos paraméteréhez, azaz a NATO STANAG 4670 szerinti Class I nagyobb, illetve a Class II kategória kisebb képviselői. (2. táblázat)

Először a felderítő változat állt szolgálatba 2014-ben. A fejlett optikával felszerelt pilóta nélküli repülőgép 8000 méteres magasságban is képes működni, ahol igen nehezen észlelhető. A kis méretű, csendes, és alacsony radarhullám-visszaverő keresztmetszetű repülőgép a földről vizuálisan alig észlelhető.

A törzs alatt felszerelt Wescam CMX–15D szenzortorony az alábbi berendezéseket tartalmazza:

- EOW (Electro Optical Wide) – kétcsatornás, DL (day light) és LL (low light) kamera, folyamatosan állítható objektívvel;
- EON (Electro Optical Narrow) – kétcsatornás, DL és LL kamera, lépcsőzetesen állítható objektívvel;
- IR (Infrared) – termális infravörös kamera, lépcsőzetesen állítható objektívvel;
- LDR (Laser Designator and Rangefinder) – lézeres kijelölő és távolságmérő;
- LI (Laser Illuminator) – lézeres megvilágító.

HD és SD minőségű színes képet biztosít a gép alatti területről.

Nem tervezték behúzhatóra a gép futóműveit, kivéve az orrfutót, mivel az – kiengedett állapotban – zavarta volna a kamerák működését.

A felfegyverezhető változat szárnyai alatt négy függesztési pontot alakítottak ki. A Bayraktar TB2 MALE UCAV rakétaival és bombáival alkalmas harckocsik, lövegek és más nagy fontosságú célok pusztítására mintegy 100 km harcászati mélységben. Rádiótávolsága 150 km, ilyen távolságból biztosított a széles sávú adatátvitel⁶. A fedélzeten található 300 liter tüzelőanyaggal (benzin) 22 órán keresztül képes repülni. A motor egy háromágú, változtatható állásszögű tolólégcsavart forgat, amely maximálisan 220 km/h sebesség elérését biztosítja, a gazdaságos utazósebessége 130 km/h. Itt jegyezzük meg, hogy a motor teljesítményét a török fejlesztések során a gyári érték fölé, 95–110 kW-ra növelték.

A négy függesztési pontra összesen 60 kg tömegben szerelhetők fel rakéták és bombák. (A 300 liter tüzelőanyag feltöltött mennyiségének felére csökkentésével a függesztendő fegyverzet tömege 150 kg-ig növelhető.) Egy konfigur-

rációban 4 db 70 mm-es lézervezérelt rakéta, vagy két rakéta és két bomba hordozható. A tervek között szerepelt a félaktív, lézeres önirányítású Cirit rakéta integrálása, amely a 70 mm-es, nem irányított fegyver precíziós változata (hasonló az amerikai APKWS-hez). [14] Ugyancsak tervezték az L-UMTAS harckocsielhárító páncéltörő rakéta alkalmazását is, de eddig csak két sokkal kisebb eszközt integráltak. [15]

A Bayraktar fegyverzetét képező MAM típusú rakétákat a török Roketsan cég szállítja, de a Bundestag ülésein kiderült, hogy azok kifejlesztésében, illetve bizonyos fődarabok szállításában a német TDW Wirksysteme GmbH közreműködött. További érdekesség, hogy miután az egyébként három változatban is gyártott MAM rakéták jóval kisebbek az amerikai Maverick-nél, így a megfelelő hatás érdekében a töltet geometriai kialakítását olyan mértékben kellett optimalizálni, hogy ahhoz szintén egy német cég, a Numerics Software GmbH segítségét kellett igénybe venni. [13]

A 22 kg tömegű MAM-L félaktív lézeres önirányítású bomba (törökül: Mini Akilli Muhimmat, angolul: Smart Micro Munition) egy rakéta formájú, 1 méter hosszú, 16 cm átmérőjű bomba, amelynek 8 km a hatótávolsága (14 km-es beépített navigációval) [17]. Lézeres rávezetésű, kettős robbanófeje kumulatív hatással rendelkezik, reaktív páncéllal felszerelt harckocsik ellen hatásos. Több különböző harci résszel alkalmazható, repesz-romboló, páncéltörő, termobárikus változata is létezik.⁷ A gyújtóberendezése beállítható csapódásra, vagy a cél felett pár méterre, ez utóbbi élőerő ellen hatásos. (5. ábra)

A 70 mm-es MAM-C félaktív lézeres önirányítású bomba 7 kg tömegű, a TB2 szenzortornyában elhelyezett girostabilizált, kombinált lézeres távolságmérő és célmegjelölő segítségével érzékeli a becsapódás kijelölt pontját. Az eszköz 8 km hatótávolságú. [18]

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] BaykarTech, „BAYKAR Technology History”. <https://baykartech.com/en/history/> (Letöltve: 2022.4.17.);
- [2] Haber, Ö. „Name in the News: Selcuk Bayraktar, Turkey's armed drone pioneer – BB...”, *archive.ph*, 2020. március 10. <https://archive.ph/JsAng> (Letöltve: 2022.4.17.);
- [3] Bayraktar Mini Unmanned Aerial Vehicle”, *Army Technology*, 2021. június 20. <https://www.army-technology.com/projects/bayraktar-uav/> (Letöltve: 2022.4.17.);

- [4] Bayraktar Mini UAV". <https://www.globalsecurity.org/military/world/europe/bayraktar-mini.htm> (Letöltve: 2022.4.17.);
- [5] Hambling, D. „New Turkish Bayraktar Drones Still Seem To Be Reaching Ukraine”, *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2022/05/10/new-turkish-bayraktar-drones-still-seem-to-be-reaching-ukraine/> (Letöltve: 2022.10.21.);
- [6] „Turkish army to return three Aerostar drones to Israel: Report”, *Apa.az*, 2012. november 4. <https://apa.az/public/index.php/en/asia/-181922> (Letöltve 2022.4.17.);
- [7] Kay, L. „Turkish Bayraktar Drone is ‘Copied’ from Israeli UAVs: Russian media”, *Defense World*, 2020. június 15. <https://www.defenseworld.net/2020/06/15/turkish-bayraktar-drone-is-copied-from-israeli-uavs-russian-media.html> (Letöltve: 2022.4.17.);
- [8] Mirror-Spectator, T. A. „Death Toll Rises as War Continues”, *The Armenian Mirror-Spectator*, 2020. október 22. <https://mirrorspectator.com/2020/10/22/death-toll-rises-as-war-continues/> (Letöltve: 2022.4.17.);
- [9] Gyömbér B., „KARAYEL”, *JOGALAPPAL*, 2021. november 5. <https://jogalappal.hu/karayel/> (Letöltve: 2022.10.21.);
- [10] „Foreign Import of Locally-Built Bayraktar TB-2 Turkish Drone Parts”. <https://www.1lurer.am/en/2020/10/28/Foreign-Import-of-Locally-Built-Bayraktar-TB-2-Turkish-Drone-Parts/346626> (Letöltve: 2022.10.21.);
- [11] „912 iS Sport | iSc Sport”, *Rotax Aircraft Engines*. <https://www.flyrotax.com/products/912-is-sport-isc-sport> (Letöltve: 2022.10.21.);
- [12] Sarukhanyan, V. „American Parts on Turkish Bayraktar Drones: U.S. Congressmen Urge Biden Administration to Examine the Evidence”, *Hetq.am*, 2021. augusztus 26. <https://hetq.am/en/article/134966> (Letöltve: 2022.4.17.);
- [13] *Jane’s All the World Aircraft: Unmanned Yearbook 2021-22*. London: Jane’s Group, 2022.;
- [14] Roketsan, „Roketsan - CİRİT Laser-Guided Missile”, *Roketsan*. <https://www.roketsan.com.tr/products/cirit-laser-guided-missile> (letöltés: 2022. november 11.);
- [15] Roketsan, „Roketsan - L-UMTAS Laser Guided Long-Range Anti-Tank Missile System”, *Roketsan*. <https://www.roketsan.com.tr/products/l-umtas-laser-guided-long-range-anti-tank-missile-system> (letöltés: 2022. november 11.);
- [16] „Missiles and sensors: German technology for the Turkish drone war – Security Architectures in the EU”. <https://digit.site36.net/2021/10/08/missiles-and-sensors-german-technology-for-the-turkish-drone-war/> (Letöltve: 2022.10.21.);
- [17] Roketsan, „Roketsan - MAM-L Smart Micro Munition”, *Roketsan*. <https://www.roketsan.com.tr/products/mam-l-smart-micro-munition> (letöltés: 2022. november 11.);
- [18] Roketsan, „Roketsan - MAM-C Smart Micro Munition”, *Roketsan*. <https://www.roketsan.com.tr/products/mam-c-smart-micro-munition> (letöltés: 2022. november 11.);
- [19] „Drónháború”, *jetplanes*. <https://jetplanes.blog.hu/2020/12/03/dronhaboru> (Letöltve: 2022.11.7.).

JEGYZETEK

- 1 UAV: Unmanned Aerial Vehicle – személyzet nélküli légi jármű.
- 2 CNC: Computer Numerical Control olyan szerszámgépeket jelent, amelyek vezérlését mikroszámítógép végzi.
- 3 Medium Altitude Long Endurance – közepes magasságú, nagy hatótávolságú.
- 4 TUAV: tactical unmanned aerial vehicle – taktikai személyzet nélküli légi jármű.
- 5 Commercial Off The Shelf – szabad kereskedelemben elérhető, „polcra vehető” termék.
- 6 A földi antennahálózat kiépítésével (üvegzárral összekötve) egész Törökország berepülhető. Műveleti területen több GCS alkalmazása estén ez az érték növelhető.
- 7 Többcéllű robbanófejek: Blast Fragmentation, Incendiary and Armor Piercing, High-Explosive Blast Fragmentation.

HM ZRÍNYI TÉRKÉPÉSZETI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS SZOLGÁLTATÓ KÖZHASZNÚ NKFT.

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



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

KÖNYV- ÉS TÉRKÉPBOLT:

1024 Budapest II., Filler u. 14.

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

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

Nyitvatartás: hétfő–péntek 9:00–16:30

PrePress – Nyomdai előkészítés

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

Gyorsszorosítás

- színes és fekete-fehér másolás/nyomtatás 330 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

1. ábra. A kínai HQ-22 közepes hatótávolságú légvédelmi rakétarendszert egy Pancir komplexum oltalmazza a batajncai légbázison (Fotó: Kelecsényi István)



Kelecsényi István*

A szerb haderőfejlesztés I. rész

Stit 2022 (Pajzs 22) haditechnikai bemutató Batajnica, Szerbia

A HADERŐFEJLESZTÉSI PROGRAM ELŐZMÉNYEI

A szerb haderőfejlesztési program kidolgozására alapvetően a délszláv válság megoldása érdekében, 1999-ben megindított NATO-műveletek után került sor. A 78 napig tartó NATO-légi háborúban számos gazdasági és katonai célpont semmisült meg: hidak, erőművek, olajfinomítók és gyárak; a szerb katonai arsenálból elsősorban a repülőeszközök, a légvédelmi egységek és a repülőtéri infrastruktúra szenved-

tek komoly veszteségeket. Az olajfinomítók majdnem teljesen megsemmisültek, a légiere és a légvédelmi harcállás-pontok mintegy 80 százaléka veszett el. Jugoszláviát – amelynek Szerbia volt a központi hatalma a balkáni háborúk után (Szlovénia, Horvátország, Montenegró, Észak-Macedónia és Bosznia-Hercegovina is kikiáltotta függetlenségét) újabb komoly területvesztés érte a koszovói területének elcsatolásával. Koszovó egyoldalúan kiáltotta ki függetlenségét 2008-ban, a nyugati hatalmak támogatásával, és az

ÖSSZEFOGLALÁS: A tanulmány a délszláv háborút követő időszakról napjainkig tekinti át Szerbia haderejének átalakítását. A szerb hadsereg a jugoszláv idők óta (1918–1991) a szovjet, majd orosz az haditechnikától függött. Új stratégiájukkal a nemzetközi mozgásterüket igyekeznek bővíteni. Kínától katonai drónokat és föld-levegő rakétákat, a NATO-tagországoaktól Airbus H145M típusú helikoptereket, Mistral rövid hatótávolságú légvédelmi rakétarendszert vásároltak, és Rafale vadászpilótógépek beszerzését tervezik. Céljuk, hogy az ország külpolitikai pozícióit minél több irányban erősítsék. Az ország haderőfejlesztési programja keretében beszerzett haditechnikai eszközöket a batajncai légbázison megrendezett Stit 2022 rendezvényen is bemutatták. A haditechnikai bemutató és repülőnap keretében a légi és a szárazföldi haderőnem fegyverzetét és felszerelését tekinthették meg az érdeklődők.

KULCSSZAVAK: Stit 2022, Szerb Haderőfejlesztési Program, Batajnica, HQ-22, KC-2, MiG-29SzM, H145M

ABSTRACT: The study reviews the transformation of Serbia's armed forces from the period following the Yugoslav War to the present day. The Serbian army has been dependent on Soviet and then Russian military equipment since Yugoslavian times. With their new strategy, they are trying to expand their international scope. They bought surface-to-air missiles from China and fighter jets from NATO member states. Their goal is to strengthen the country's foreign policy positions in as many directions as possible. The results of the Serbian Defence and Military Development Program were presented at the Stit22 event held at the Batajnica Air Base. As part of the military technology demonstration and air day, the general public can see the armament and equipment of the air and ground forces.

KEY WORDS: Stit 2022 Military Exercise, Serbian Defence and Military Development Program, Batajnica, HQ-22, KC-2, MiG-29SzM, H145M

* Szakújságíró. ORCID: 0000-0001-5563-3313

Egyesült Államok, illetve az EU tagállamok többsége azt követően elismerte a koszovói függetlenséget.

Szerbia 2016-ban hozta nyilvánosságra a haderőfejlesztési programját, amely 2019-ben a haderő szervezetének átalakítását is eredményezte.

2017-ben, Belgrád felszabadításának 73. évfordulóján a batajnicei légbázison került megrendezésre a „Слобода 2017” elnevezésű rendezvény. Az eseményen bemutatták a „Project 1500” című haderőfejlesztési koncepció elemeit, közöttük a legmodernebb fegyverekkel és optoelektronikai megfigyelőeszközökkel felszerelt erőket, és sor került az Oroszországtól beszerezett MiG-29-es repülőgépek átadási ünnepségére is. [1]

A SZERB HADERŐ ÁTSZERVEZÉSE

A szerb hadsereget hat dandárba szervezték. A dandárok mellett hat független zászlóaljat hoztak létre, valamint megalapították a Műszaki Felújító (javító) Intézetet és a Nemzetközi Hadműveleti Kiképző Központot. A hat dandár közül négy nagyobb létszámú személyi állománnyal és hadfelszereléssel rendelkezik, mint egy hagyományos NATO-dandár, közel hadosztály méretűek. (Ezek a dandárok – az Észak-atlanti Szerződés Szervezetében alkalmazott 3–6 zászlóaljtól eltérően – egyenként 10–11 zászlóaljat foglalnak magukba.)

A négy nagyobb dandár szervezetében a következő szervezeti egységek találhatóak:

- egy vezetéstámogató zászlóalj,
- két lövész zászlóalj,
- egy önjáró tüzérsztyály,
- egy (önjáró) sorozatvető osztyály,
- egy légvédelmi tüzérsztyály,
- egy harckocsizó zászlóalj,
- két gépesített lövész zászlóalj,
- egy logisztikai zászlóalj,
- egy műszaki zászlóalj.

A dandárok területileg, Novi Sad (Újvidék – Нови Сад), Kraljevo (Краљево), Niš (Ниш) és Vranje (Врање) központtal települtek. A Nemzetközi Kiképző Központ Bujanovacs (Бујановац), a Katonai, Műszaki és Felújító Intézet Čačak (Чачак) közelében található.

A szerb haderő folyamatosan korszerűsíti a szárazföldi egységek felszerelését, amelyet elsősorban saját, azaz szerb védelmi ipari fejlesztésű eszközökkel lát el. Ugyanakkor Szerbia gazdasági és katonai téren el nem kötelezett, így hadereje európai uniós és orosz beszerzésből származó hadfelszerelést egyaránt rendszerben tart. A közeljövőben várhatóan a két legfontosabb beszerzési irány még eggyel bővül, és Szerbia Kínától is vásárol majd további haditechnikai eszközöket. [2] A szerb kormány 2019 szeptemberében már rendelt 9 darab China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC) által kifejlesztett Rainbow (Cai Hong, röv. CH) sorozatú CH-92A típusú felderítő-harci drónt, illetve az eszközhoz tartozó rakétákat. [3]

STIT 22 (PAJZS 22) HADITECHNIKAI BEMUTATÓ

A 2022-ben megrendezett Stit 22 (Pajzs 22) elnevezésű katonai rendezvényen a 2017–2022 között megvalósult fejlesztéseket, és szinte az összes rendszerben álló, a szárazföldi és légi haderőnem harci és harctámogató eszközeit, járművét felvonultatták. A Paraćin (Параћин), Despotovac (Деспотовац) és Voljevac (Бољевац) közsé-



2. ábra. Soko Orao NJ-22 csapásmérő repülőgépek négyes rajköteléke a batajnicei futópálya felett (Fotó: Kelecsényi István)

gek területén elhelyezkedő gyakorlótéren légi bemutatót tartottak, valamint egy zászlóaljharccsoport teljes fegyverzetét kiállították. A harceszközöket – többek között a légi-erő és a légvédelem fegyverzetét, valamint az újonnan beszerezett orosz és kínai eszközöket – statikus bemutatásuk mellett dinamikus programok során is megszemlélheték az érdeklődők.

A légi-erő dinamikus bemutatója egyéni műrepülő programokkal kezdődött. A Soko Lasta 95 kiképző repülőgép látványos bemutatkozását egy Soko G-4M Super Galeb repülése követte. Azt követően Antonov An-26-os, majd 8 darab Mikojan–Gurjevics MiG-29-es, 8 darab Soko J-22 Orao, és két Soko G-4M Super Galeb is levegőbe emelkedett.

A bemutató során repülőgép-kötelékek, helikopterek hajtottak végre gyakorlatokat, harcszimulációkat. Az egyik esemény a repülőtér szimulált támadása, és a védelme során kialakult látványos légcisata volt. Ez utóbbiban, már Airbus H 145M helikopterek is részt vettek. A felfegyverzett helikopterek közvetlen légi támogatást nyújtottak, a Mil Mi-17 szállítóhelikopter-variánsok különleges műveleti katonákat szállítottak, illetve szerepet kapott a légvédelem is.

A bemutató részeként a zászlóaljharccsoport eszközeinek demonstrációja során Lazar-3 páncélozott kerekes harcjárművek, önjáró, kerekes NORA B-52 M15 lövegek és SORA lövegek, légvédelmi gépágyúk és Pancir-komplexumok is mozogtak a repülőtéren.

A kínai HQ-22 (HongQi-22) exportváltozatát, az FK-3 közepes hatótávolságú légvédelmi rakétarendszer két lo-kátorát is működtették, míg néhány rakétaindító jármű az indítási pozícióba emelte az indítóbusokat, amelyekbe csak harckészültségben töltik be a rakétákat.

3. ábra. A Soko Lasta 95V54 típusú gyakorló repülőgép AKN09 géppuskakonténer, szabadesésű bombákat és hét darab, nem irányított rakétával tölthető rakétaindítókonténerrel is hordozhat (Fotó: Kelecsényi István)



A dinamikus bemutató után a repülőeszköz-kötelékek áthúzták a futópálya felett, majd leszállás után közvetlenül a nézők előtti állóhelyekre gurultak. A statikus bemutaton a nézők betekintheztek a kiállított repülőgépek pilótafülkéibe is. A szárazföldi haderő járműveit ugyancsak közvetlen közlelől tekintheztek meg az érdeklődők, és jó néhány harcjárműbe be is ülhettek.

A Pajzs 2022 haditechnikai bemutató látványosan bemutatta, hogy, a különböző haderőnemek, illetve fegyverne-
mek milyen fejlesztéseken estek át a 2017-es rendezvény óta. [4] [5]

SZÁRAZFÖLDI HADERŐNEMET ÉRINTŐ FEJLESZTÉSEK

A hadsereg 2018-ban 434 darab harckocsival rendelkezett, amelyekből 232 darab M-84 típusú, tehát szerb gyártású modernizált T-72-es harckocsi volt, továbbá 30 darab T-72B1MSz¹ típusú harckocsi. Ez utóbbiak is katonai segí-
gélyként érkeztek Oroszországból, 30 darab BRDM-2MSz felderítő harcjárművel együtt.

Érdemes megjegyezni, hogy a legutóbbi tapasztalatok alapján az orosz (korábban szovjet) harckocsik közül – a reaktív páncélatuk (ERA – Explosive Reactive Armour) el-
lenére – az orosz-ukrán háborúban jelentős mennyiséget löttek ki. [6]

A gyalogsági harcjárművek állományát BVP- (Borbeno Vozilo Pješadije) és páncélozott szállító harcjárművek (BOV – Borbeno Okloпно Vozilo) adják. Ezek többsége:

- BVP-M80 lánctalpas,
- Lazar-3 [8] és BOV M-86 kerek harcjármű,
- BOV KiV,
- BOV M16 Miloš,
- BTR-50-es,
- MT-LBu,
- BRDM-2-es és BRDM-2 MSz. [4]

A BVP M-80-as lánctalpas gyalogsági harcjármű, amely inkább egy modernizált BMP/BVP-2 típushoz áll közelebb, mint a modernebb fejlesztésekhez. A harcjármű távirányí-
tású toronnyal rendelkezik, amelyet 30 mm űrméretű Zas-
tava M89 géppágyúval, 7,62 mm űrméretű Zastava M86 géppuskával és két darab Maljutka-2T5 típusú növelt ha-
tótávolságú páncéltörő rakétával szereltek fel. Az eszköz ballisztikai védeltsége modulrendszerű.

A Lazar-3 toronyba egy 12,7 mm-es Zastava Coyote nehéz géppuskát helyeztek el, lézeres távmérővel és infra-
vörös kamerával. [8] Az oldalpáncélatában öt nyílást ala-
kítottak ki, amelyen keresztül a lövészek a küzdőtérből kézifegyverekkel szintén tüzelhetnek. A nyílások felett páncélüveg ablak kapott helyet. A védeltség növelése ér-
dekében az újabb változatoknál az oldalsó lövészhelyet és a lövedékálló kitekintő nyílást elhagyták, helyettük homo-
gén oldalpáncélatzattal készülnek az eszközök. A Lazar-3 bázisán készül az 57 mm-es géppágyús toronnyal épülő változat, amely a deszant szállítása mellett harctámogató
feladatok ellátására is alkalmas. A járműből aknavetővel szerelt és páncéltörő változat kialakítását is tervezik, ez utóbbit ATGM (Anti-tank Guided Missile – irányított



4. ábra. Orosz relációból származó szerb BRDM-2MSz kerek felderítő harcjárművek, amelyeket – az alapváltozat-
hoz képest – kiegészítő páncélatzattal és modernizált optikai
eszközökkel szereltek fel (Fotó: Kelecsényi István)



6. ábra. A szerb gyártású Lazar típusú gyalogsági harcjármű 57 mm-es géppágyúval felszerelt változata (Fotó: Gászó Krisztián Árpád)

5. ábra. A szerb haderő BVP-M80 típusú gyalogsági harcjárművei. Az álcahalóval borított jármű toronyára Maljutka irányított páncéltörő rakéta telepíthető. Beépített tüzefegyvere a Zastava M89 típusú 30 mm-es géppágyú és M86 géppuska a). A jobb oldali harcjármű fegyverzete a modernizált, Maljutka 2T5 növelt hatótávolságú páncéltörő rakéta b) (Fotók: Kelecsényi István)





7. ábra. BOV M-86 kerekes harcjármű a) és az Ejder Yalçin török MRAP járművekhez hasonló, szerb gyártású BOV M16 Miloš b) (Fotók: Kelecsényi István és Gazsó Krisztián Árpád)

páncéltörő rakéta) rakétákkal, amelynek típusa még nem ismert, de várhatóan a szerb gyártású (eredetileg 9M14) Maljutka-2T5 lesz.

A BOV harcjármű a BRDM-2 és a D-944 típusú járművek méretének felel meg, és több változata létezik:

- A BOV KiV, amely távirányítású géppuskatoronnyal rendelkezik, és mintegy 40 darab van rendszerben a szerb hadseregben;
- A BOV-1 (más néven M-83) páncélozott célok megsemmisítésére kifejlesztett harcjármű, amely a Maljutka-2 rakétacsáladból több típusú páncéltörő rakétát is hordozhat. Ilyen a 9M14P1, a 9N14P1-2T5 (Maljutka-2T5), a 9MP14P1-2T vagy a 9M14P1-2F változat. Ezek között vezetékes és rádióirányítású rakéták egyaránt találhatók.
- A BOV harcjárművek parancsnoki-felderítő célú változata rendelkezik magasra tolnak szenzortoronnyal és távirányítású fegyverállvánnyal. A szenzortoronnyba telepíthető hőkamera, kamera, illetve lézertávérő. A távirányítású fegyverállványba Zastava géppuskát építenek be.

A hasonló nevű BOV M16 Miloš harcjárműtípus azonban a török fejlesztésű Ejder Yalçin szerb megfelelője, egy MRAP-jármű (Mine-Resistant Ambush Protected – növelt aknavédelemmel rendelkező páncélozott harcjármű), amelyet 2019-től gyártanak. A harcjármű védeltsége – ballisztikai védeltsége kivételtől függően – STANAG 4569 szerinti II és III-as szintű, az akna elleni védelmi szint II/a, amely a járásrendszer alatt elműködő 6 kg töltettel szerelt akna elleni védelmet jelenti a deszant számára.

8. ábra. A Zastava Tervo által gyártott 6 × 6 kerékképletű M-20 MRAP szállítójármű, 12,7 mm-es géppuskával (Fotó: Gazsó Krisztián Árpád)



9. ábra. A szerb haderő M-84A2 típusú modernizált harcokcsija. Az M-84 harcokocsi több változatát is kiállították a batajnicai rendezvényen (Fotó: Kelecsényi István)

Az amerikai Cummins dízelmotorral készülő páncélautócsaládban – az általános szállító változat mellett – páncéltörő rakétával szerelt, egészségügyi és tűzérési megfigyelő változatokat is kifejlesztettek. Ez utóbbiból – a szintén szerb gyártású tűzérési lövegei mellé – a ciprusi haderő is vásárolt.

A francia–cseh Nexter TITUS (Tactical Infantry Transport & Utility System – harcászati gyalogsági szállító és általános rendeltetésű rendszer) típuscsaláddhoz hasonló a szerb Zastava M-20 6×6 kerékképletű MRAP jármű, amelyet a Stit 2022 rendezvényen is bemutattak.

A saját eszközök mellett amerikai gyártású Humvee (HMMWV, High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle – nagy mozgékonyágú többcélú kerekes jármű) és Lenco BearCat G3, valamint brit Land Rover terepjárók is a haditechnikai eszközállomány részei.

A tűzérési eszközök közül a kerekes önjáró lövegek száma növekedett. A kerekes M-84 NORA mellett a 2Sz1 Gvozyika 122 mm-es láncfalpas önjáró lövegeket is modernizáltak. A löveg irányítása automatizált: a kezelő által megadott célkoordináták alapján a fedélzeti számítógép kiszámítja a lövelemeket, azoknak megfelelően beirányozza löveget.

Az M84 NORA B-52K önjáró tarackágyút a 8×8 FAP 2832 típusú alvárra telepítették. A járműből két változat is készült. A jármű vezetőfülkéjének tetejére önvédelmi, 12 mm-es Zastava M87 nehéz géppuskát szereltek fel. Az újabb fejlesztésű B-52K változat MRSI (Multiple Rounds Simultaneous Impact – sok lövedék együttes hatása) ké-





10. ábra. Szerb gyártású M84 B-52K NORA önjáró lövegek a dinamikus bemutatón (Fotó: Kelecsényi István)



11. ábra. A szerb gyártású M84 NORA B-52K önjáró tarackágyút 8x8-as FAP 2832 típusú alvázra építették (Fotó: Gzásó Krisztián Árpád)

12. ábra. SOKO SP RR kerekes önjáró tüzérségi komplexum 2Sz1 Gvozgyika 2A18 típusú, 122 mm-es tarackkal felszerelve (Fotó: Kelecsényi István)





13. ábra. ALAS irányított rakétarendszer a Nimr jármű alvázán a „Partner 2017” fegyver- és haditechnikai kiállításon (Forrás: Srđan Popović, Wikimedia Commons)

pessséggel rendelkezik. A lövegtoronyt automatikus töltőberendezéssel szerelték fel, kapacitása 12 darab lőszer, ugyanannyit hordoz maga a szállító jármű is. A tarack lőtávolsága űrmérettől függően 52–62 km, tűzgyorsaság 6 lövés/perc. [9]

A NORA-n kívül SOKO SP RR és SORA típusú kerek, önjáró tüzérségi lövegeket is kifejlesztettek. A SOKO RR egy 122 mm-es tarackkal felszerelt kerek önjáró löveg, amelynek fülkéje páncélozott. [10] Az eszközből NATO-kompatibilis változat kialakítása is lehetséges, amelyhez a löveget 155 mm űrméretűre kell cserélni, a futóművet és az alvázat meg kell erősíteni.

A rakétatüzérségnél szintén komoly fejlesztések történtek. Különbőféle űrméretű M–77, M–94 és M–63 típusú rakétavetők állnak szolgálatban. Az M–94 Plamen–S például egy gépjárműre telepített, 128 mm-es rakétatüzérségi eszköz, amely az orosz BM–21 GRAD rakéta-sorozatvető szerb újragondolásának is tekinthető. A típusból 18 darab aktív, míg 28 darab tartalékban áll. A rakétakonténer az M–63 Plamen állványra is telepíthető, amelyből még közel 300 darab áll tartalékban. A FAP–2026 tehergépkocsi az M–77 Oganj rakéta-sorozatvető hordozására szolgál, amely két konténerből képes 128 mm-es rakétákat indítani. Egy konténer 12 darab rakéta hordozására képes. A konténerek cserélhetők, hadrendben van 107, 122 és 128 mm átmérőjű változatban, eltérő számú és hatótávolságú, valamint rombolóerejű rakétával.

Az újabb, szerb fejlesztésű ALAS (Advanced Light Attack System – fejlett könnyű támadórendszer) – szintén FAP–2026 kerek gépjárműre telepített – önjáró rakétatüzérségi komplexum konténeereit hatdarabos állványra szerelték. A rakéták hatótávolsága típustól függően 25–60 km. A rakéták partvédelmi fegyverként hajók ellen és szárazföldi célok ellen is alkalmazhatók, szárazföldről indítva járműre vagy konténerbe telepítve. Az ALAS rakéta irányítása inerciális navigációs rendszerű, a végfázisban tv-, vagy infravörös rávezetéssel. [11] A rakéta tömege 248 kg, a BMK–1 gyorsítórakétáé 61 kg, a harci rész tömege 100 kg.



14. ábra. A szerb rakétatüzérség saját gyártású komplexumokon alapul. A FAP–2832 alvázra épített Sumadija önjáró rakétatüzérségi rendszer 2x2 Jerina–1 típusú rakétái 285 km, a kisebbik, Jerina–2 pedig 70 km hatótávolságú (Fotó: Gazsó Krisztián Árpád)

Az Egyesült Arab Emírátsok Nimr 6 × 6 kerékképletű járműre telepítve üzemeltetnek néhány példányt. [12]

Az utóbbi években megkezdték a Sumadija és az LRSVM (Лансер Ракета Самоходни Вишецевни Модуларни – moduláris, önjáró rakétaindító rendszer) Tamnava rakétarendszerek fejlesztését és kis sorozatú gyártását is.

A 8x8 FAP 2832 alvázra telepített Sumadija önjáró tüzérségi rakétarendszer két típusú rakétával szerelhető fel. A Sumadija MLRS (Multiple Launch Rocket System) kétféle rakétát indíthat: a 400 mm-es átmérőjű, eredetileg „Sumadija”-nak, ma „Jerina–1”-nek nevezett, korigálható röppályájú rakéta 285 km-es hatótávolsággal és 150 méternél kisebb pontossággal rendelkezik. Ha a rakéta GPS- adatokkal kombinált inerciális navigációt használ, találati pontossága 50 méteren belül. A rakéta tömege körülbelül 1550 kg, amelyből 200 kg a robbanófej tömege. A rakétát modern kompozit üzemanyag hajtja, acélból készült konténermodulban kerül elhelyezésre.

Az Orkan MLRS rakéta továbbfejlesztett változata a 262 mm átmérőjű Jerina–2 nevű rakéta, amely 75 km-es hatótávolsággal bír és 288 darab KB–2 típusú töltetbombát (HE/fragmentációs robbanófej) juttat célba. A Sumadija rendszerből egyelőre két prototípus készült el.

A páncéltörő eszközöket is modernizálják. A régebbi típusú 9K11 (9M14PM) Maljutka irányított páncéltörő rakétákat hosszított törzsrésszel, nagyobb hatótávolságúra módosítják és harci részét tandem robbanófejre cserélik – amely 1000 mm vastag acélpáncél átütésére, illetve kompozit vagy reaktív páncél ellen is hatásos – 9M14P1–2T5 (Maljutka 2T5) típusjelzésű változatra alakítják. Egy másik projekt keretében szintén Maljutka rakétákat korszerűsítettek, 9M14P1–2T típusjelzéssel. Ezeknél a rakétáknak csak a fejrész változik. A rakétaindító állványokat is 9Sz415 változatra modernizálják.

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] RTS. Tanjug Híriügynökség weblap: “Слобода 2017” – приказ способности Војске Србије, “Стрижи” направили спектакл
<https://www.rts.rs/page/stories/ci/story/124/drustvo/2910716/sloboda-2017--prikaz-sposobnosti-vojske-srbije.html> (Letöltve: 2020.10.12.);



- [2] Dr. Harangozó Dániel, „Semlegesség és „egyensúly-politika” Szerbia katonai kapcsolataiban” *KKI elemzések* E2020/89. <https://doi.org/10.47683/KKIElemzesek.E-2020.89>;
- [3] Liu Xuanzun, „China delivers armed drones, missiles to Serbia, first deal to Europe” *GLOBAL TIMES* 2020/7/6. (Letöltve: 2020.10.12.); <https://www.globaltimes.cn/content/1193700.shtml>;
- [4] Szerb Köztársaság Nemzetvédelmi Minisztériumának honlapja, Prikaz sposobnosti Vojske Srbije „ŠTIT 2022” <https://www.mod.gov.rs/lat/18739/prikaz-sposobnosti-vojske-srbije-stit-2022-18739> (Letöltve: 2020.10.12.);
- [5] Military-Technology Blog, Kelecsény István: Stít 22 Szerb Haderőfejlesztési bemutató és repülónap Batajnica. 2022. május 20. https://military-technology.blog.hu/2022/05/20/stit_22_szerb_haderofejlesztési_bemutató_es_repulonap_batajnica (Letöltve: 2022.10.10.);
- [6] ORYX „Attack On Europe: Documenting Russian Equipment Losses During The 2022 Russian Invasion Of Ukraine” 2022. 02. 04. <https://www.oryxspioenkop.com/2022/02/attack-on-europe-documenting-equipment.html>;
- [7] „A Szerb Hadsereg megkapta az első Lazar-3 harcjárműveket” *Háború Művészete* 2019. 01. 16., <https://www.haborumuveszete.hu/minden-ami-gurul/a-szerb-hadsereg-megkapta-az-első-lazar-3-harcjarmuveket> (Letöltve: 2020.10.12.);
- [8] „Megkezdődött a sorozatgyártás” honvedelem.hu 2020. szeptember 1. <https://honvedelem.hu/hirek/megkezdodott-a-sorozatgyartas.html> (Letöltve: 2020.10.11.);
- [9] „NORA-B/52 Self Propelled Gun-Howitzer” *Army Technology* 21 February 2014. <https://www.army-technology.com/projects/nora-b52-self-propelled-gun-howitzer/>;
- [10] SOKO SP RR 122mm truck-mounted howitzer YUGOIMPORT SDPR J.P. <https://www.yugoimport.com/en/proizvodi/soko-sp-rr-122mm-truck-mounted-howitzer> (Letöltve: 2020.10.12.);
- [11] „Успешан развој система” *ALAS МИНИСТАРСТВО ОДБРАНЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ* 20.09.2020. <https://www.mod.gov.rs/cir/16497/uspesan-razvoj-sistema-alas-16497>;
- [12] *Army Recognition* „ALAS-S coastal defense missile systems NIMR Yugoimport Partner 2017” 28 JUNE 2017. http://armyrecognition.com/partner_2017_news_online_show_daily_coverage/alas-s_coastal_defense_missile_systems_nimr_yugoimport_partner_2017_12706174.html;
- [13] „Ростех” впервые показал улучшенный “Панцирь-С1М” *РИА Новости* 21.02.2021. <https://ria.ru/20210221/pantsir-1598460339.html>.

JEGYZETEK

1 T-72B1MSz a T-72B3 típus szerb elnevezése.

Akshara Parakala (Janes Group)

Janes All the World's Aircraft: Unmanned 2022/2023 – A világ repülőgépei: Pilóta nélküli eszközök. Évkönyv, 2022/2023

A Janes Group a világ első számú, nyílt hozzáférésű forrásokból dolgozó védelmi hírszerző ügynöksége. A londoni székhelyű, több mint 100 éves múltú visszatekintő cég évente mintegy 200 kiadványára a hitelesség és a pontosság jellemző. Adatait, kiadványait és szolgáltatásait több száz országban felhasználják, a Kremlben épp úgy, mint a Pentagonban.

Az *All the World's Aircraft: Unmanned 2022/2023* (A világ repülőgépei: Pilóta nélküli eszközök 2022/2023) című kötet közel 1000 olyan civil és katonai pilóta nélküli repülőgépet mutat be részletesen, amelyek fejlesztés vagy gyártás alatt állnak, illetve a világ valamely pontján aktív szolgálatot teljesítenek. A kiadvány részletesen közli az eszközök méretét, teljesítményét, fotókkal és vázlatrajzokkal segítve alaposabb megismerésüket. Az egyes dróntípusok könnyebb értékelhetősége érdekében a referenz kiadvány számos elismert szakmai szervezet által alkalmazott osztályozási rendszert alkalmaz. A kézikönyv a legutóbbi kiadvány megjelenése óta történt releváns eseményeket is ismerteti az eszközök felhasználásának bemutatásával, valamint a fejlesztések áttekintésével.

A legfrissebb, 2022/2023-as évkönyv, az előző kiadásokhoz képest a hőlég- és gázballonok, valamint a sárkány-légballonok bemutatásával is kiegészült. A mű – az MTOW osztályozást kiegészítve – két csoportra osztja fel ezen eszközöket: rögzített és rögzítés nélküli típusokra.

A Janes Group kiadványai nélkülözhetetlenek a legtöbb védelmi szervezet és a védelmi ipari szereplő számára, a sorozat magas beszerzési ára azonban gátat szab a megrendeléseknek. Egyetlen érdeklődőnek sem kell azonban nélkülöznie a megbízható, hiteles források hozzáférésének lehetőségét, mert a Magyar Honvédség Haderőmodernizációs és Transzformációs Parancsnokságának (MH HTP) Haditechnikai Könyvtárában megtalálható és helyben használatra hozzáférhető a Janes kiadványgyűjtemény.

Az *All the World's Aircraft: Unmanned 2022/2023* angol nyelvű kiadvány hasznos és megbízható forrásként szolgál a terület szakembereinek, és értékes információkat nyújt a pilóta nélküli eszközök és rendszerek iránt érdeklődők számára is. A kötet bevezetésében és végén bőséges jegyzetanyag, irodalom- és forrásjegyzék segíti az olvasókat.

Az 530 oldalas, 2022-ben megjelent keménytáblás kötet több ezer fényképet és illusztrációt tartalmazó kézikönyv. Megtekinthető az MH HTP Haditechnikai Könyvtárában, érdeklődés esetén kapcsolatfelvétel a Haditechnika folyóirat szerkesztőségén keresztül, a +3630-7737494-es telefonszámon. (D. N.)





Dr. Bartóki-Gönczy Balázs*

Gondolatok a világűrjog és -politika oktatásának fontosságáról

A UniSpace program

EGY ÚJ ŰRKORSZAK HAJNALÁN

A világűr emberi felhasználása és kutatása mára az egyik legdinamikusabban fejlődő terület. Egy új űrkorszak hajnalán vagyunk, amely egy új, de a korábitól eltérő űrversenyt vetít elénk. Ezen új korszakot több egyidejű jelenség formálja. Először is, az űrtevékenység már közel sem csak a nagyhatalmak monopóliuma. Sőt, a kereskedelmi alapokra helyeződő űripar immár közel 350 milliárd dolláros árbevételű generál, ez pedig 2040-re elérheti az egybillió dollárt. [1] Ez a tény szoros összefüggést mutat a második faktoral: a technológiai fejlesztések gyorsuló ütemével, amely mögött a piaci profit igénye is megjelenik a „dicsőség és presztízs” mellett, kitágítja az ember lehetőségeit a világűrben, amelynek okán újabb és újabb szabályozatlan kérdé-

sel szembesülünk (pl. űrbányászat, űreszközök forgalom-szabályozása). Végül, a geopolitikai feszültségek, a háború, illetve a kiberhadviselés műveleti területté változtatta a világűr, amelyben ugyan még nem zajlott katonai művelet, azonban ennek a kockázata egyértelműen növekszik.

A világűrbe telepített rendszerek mára a gazdaság alapvető folyamatait támogatják, elég, ha a földmegfigyelésre, a navigációra, az internetre, a távközlésre és a műsorszórásra, illetve a meteorológiai megfigyelésekre gondolunk. Természetesen a modern hadviselés, és benne a védelmi rendszerek sem képzelhetők el az „űrszegmens” nélkül. Az űripar egy olyan horizontális iparág, amely az élet szinte minden területén érezheti a hatását. Esetleges károsodása beláthatatlan következményekkel járna a gazdaság működésére.

ÖSSZEFOGLALÁS: Az űripar mára a gazdaság és a védelmi képességek egyik alapja lett. Miközben a világűrnek és az emberi űrtevékenységeknek a természettudományok körébe tartozó kutatása, oktatása hazánkban felülvált, addig a társadalomtudományok terén lemaradtunk, márpedig versenyképes, érdekeit érvényesíteni tudó űripar, és -diplomácia nem elképzelhető releváns jogi, gazdasági, valamint biztonság- és védelempolitikai ismeretek nélkül. Ezért is indította el a világűrpolitikai képzését a Nemzeti Közszerológiai Egyetem, a UniSpace nemzetközi program keretében.

KULCSSZAVAK: Világűr, űrpolitika, világűrjog, oktatás, Nemzeti Közszerológiai Egyetem

ABSTRACT: The space industry has now become one of the foundations of the economy and defense capabilities. While the research and education of natural science aspects has skyrocketed in our country, we have lagged behind in the field of social sciences. However, a competitive space industry and diplomacy cannot be imagined without relevant legal, economic and security and defense policy knowledge. That is why the University of Public Service launched its space policy training within the framework of the UNISPAPCE program.

KEY WORDS: Outer space, space policy, space law, education, University of Public Service

* Intézetvezető, Világűrjog- és Politika Kutatóintézet (NKE EJKK), tanszékvezető egyetemi docens (NKE ÁNTK), a Világűrpolitikai tanácsadó szakirányú továbbképzés szakfelelőse.



A UniSPACE PROGRAM

A terület fontosságát a magyar kormány is felismerte, amely 2021 nyarán elfogadta hazánk első szakstratégiáját (Magyarország Úrstratégiája [2]), amely feladatul tűzte ki – a szakember-utánpótlásnevelés érdekében – egy „multidiszciplináris tudásplatform” létrehozását. E célkitűzéssel összhangban tizenhét magyar egyetem konzorciumi megállapodást kötött, hogy a UniSpace program¹ keretében négy önálló, azonban összehangolt űrtudományi szakirányú továbbképzést indítson. A UniSpace program pilléreit a következő egyetemi szakirányú továbbképzések alkotják:

1. A Nemzeti Közszolgálati Egyetem (NKE) indítja a *világűrpolitikai tanácsadó* szakirányú továbbképzést (társadalomtudomány);
2. Az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) indítja az űrtudományi szakember szakirányú továbbképzést (természettudományok);
3. A Budapesti Műszaki Egyetem (BME) indítja az űrtechnológiai szakember szakirányú továbbképzést (műszaki tudományok);
4. A Debreceni Egyetem (DE) indítja az *innovatív táplálkozási és üregészségtudományi szakember* szakirányú továbbképzést (orvos- és egészség tudományok).

A program képzései három félévesek. Az első szemeszter közös, azaz a hallgatók minden tudományterület releváns alapismereteit elsajátíthatják (űrtudomány és -technológia alapjai, űrélettan és táplálkozás, nemzetközi jog és űrgazdasági alapok). A második és harmadik szemeszterek képzésenként, tudományterületenként mélyítik el a világűr felhasználásával kapcsolatos ismereteket. Emellett a hallgatók e szemeszterek során is áthallgatnak a többi szakirányra, hiszen az interdiszciplináris megközelítés alapvető fontosságú. A program koordinálásáért az NKE a felelős egyetem, amely az oktatásszervezési feladatok mellett, a közös kommunikáció kialakításáért is felel.

VILÁGŰRPOLITIKAI TANÁCSADÓ KÉPZÉS AZ NKE-N

Magyarországon a világűr és az emberi űrtevékenységek természettudományi aspektusainak kutatása, oktatása régóta magas színvonalat képvisel, elegendő, ha csak a BME által elkészített és sikeresen pályára állított kis műholdakra, vagy az idén ősszel induló űrmérnök mesterképzésre² gondolunk. Mindazonáltal a társadalomtudományi kutatások terén már nem mondhatjuk el ugyanezt, annak ellenére, hogy a múlt században, többek között Gál Gyula³ munkásságának köszönhetően, komoly tudományos és diplomáciai eredményeket értünk el a világűrjog területén.

Miért fontos foglalkozni az űr társadalomtudományi kérdéseivel? A jogtudomány területén már 1932-ben monográfia jelent meg az akkor még csak elképzelt űrutazás jogi problémáiról. [3] Később, a 20. század derekától – az első űrversenyt követően –, a lázas nemzetközi jogalkotás a figyelem középpontjába állította a téma kutatását. A tény, hogy az űrjog magját jelentő nemzetközi egyezmények mára elavultak, nem jelenti azt, hogy értelmetlen a témával foglalkozni. Épp ellenkezőleg, a szédültes iramban fejlődő űripar és a technológiai fejlődés olyan kihívásokkal szembesít minket, amelyekre jogi választ (is) kell találni. Különben valóban „vadnyugattá” válik a világűr egy olyan korban, amikor a műholdak száma évente megsokszorozódik a megakonsztellációk miatt; amikor a nagyhatalmak komolyan fontolóra veszik a Hold ásványi készletének kitermelését magánpiaci cégek által; amikor kinetikus fegyverekkel semmisítenek meg műholdakat, veszélyeztetve egyes pályák használhatóságát.

A téttenség és a jogi megoldások keresésének negligálása nem csupán egy legújabb kori kolonizációhoz, hanem akár katasztrófához is vezethet, és végső soron az űrtevékenységek ellehetetlenülését is okozhatja.

Ugyanezen okok miatt, egy magát a „térképen pozícionálni” kívánó ország a szektor gazdasági és biztonság-, valamint védelempolitikai kutatásait sem ignorálhatja. Ez nem csupán azért fontos, hogy ne maradjunk le végleg az európai tudományos életről, hanem amiatt is, mert ezen ismeretek nélkül hazánk érdekérvényesítő képessége is csorbul.

Mindezen tényezők miatt született meg a Nemzeti Közszolgálati Egyetem azon döntése, hogy megalapítsa a Világűrjog és Politika Kutatóintézetet az Eötvös József Kutatóközponton belül. Mindezek mellett, 2022 szeptemberében megjelent a Világűrjog címet viselő – 1964 óta az első – magyar nyelvű könyv, amely a szélesebb olvasótáborra célozza.⁴

A három féléves világűrpolitika-képzés célja, hogy a hallgatók megismerkedjenek a világűr emberi felhasználásának jogi, politikai és gazdasági aspektusaival. A közös modulra épülő két félév során, a hallgatók levelező munkarendben, magyar nyelven tanulhatnak űrjogot, űrgazdaságtant, releváns biztonság- és védelempolitikai ismereteket, illetve olyan ismereteket, amelyek a szektorban való munkához nélkülözhetetlenek. A képzésen tíz egyetem oktatói adják át tudásukat.

A 2022 első szemeszterében indult képzésre mintegy háromszoros volt a túljelentkezés. A száztizenöt jelentkezőből végül harmincöt rendkívül motivált és felkészült hallgató kezdte meg az első szemesztert. A szakot az Oktatási Hivatal a magyar mellett angol nyelven is nyilvántartásba vette, mindez lehetőséget biztosít arra, hogy a jövőben nyissunk a nemzetközi szakértők felé, és bevonjunk olyan nemzetközileg elismert oktatókat, űripari vállalatokat, akik/amelyek tapasztalatukkal növelhetik a képzés értékét.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] ESA Agenda 2025, 3., https://esamultimedia.esa.int/docs/ESA_Agenda_2025_final.pdf (Letöltve: 2022.8.31.);
- [2] Magyarország Úrstratégiája <https://space.kormany.hu/download/7/bd/c2000/Magyarország%20%C3%A1g%20%C5%B0rstrat%C3%A9gi%C3%A1ja.pdf>, (Letöltve: 2022.8.31.);
- [3] Mandl, V. *Das weltraum-recht: ein problem der raumfahrt*, J. Bensheimer, 1932.;
- [4] Forrás: images-assets.nasa.gov/image/iss043e218074/iss043e218074--orig.jpg. (Letöltve: 2022.9.27.)

JEGYZETEK

- 1 <https://unispace.hu/> (Az elnevezés nem tévesztendő össze az ENSZ jól ismert UNISPACE [UN Conference on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space] konferenciáinak rövidítésével – a szerk.)
- 2 <https://www.vik.bme.hu/hir/2748-urnemok-mesterkepzes-2022>.
- 3 Dr. Gál Gyula (1928 Debrecen – 2012 Budapest) magyar világűrjogász, a Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) tiszteletbeli tagja, a Nemzetközi Világűrjogi Intézet (IISL) tiszteletbeli igazgatója, a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia (IAA) rendes tagja. (A szerk.)
- 4 Bartóki-Gönczy Balázs – Sulyok Gábor (szerk.): *Világűrjog*, Ludovika Egyetemi Kiadó, 2022.

Zentay Péter* – Dr. Hegedűs Ernő** – Végvári Zsolt***

A 3D-s nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei II. rész

3D-s nyomtatott alkatrészek mechanikai tulajdonságainak minőségjavítási lehetőségei

Gyors prototípusgyártó eljárások manapság gyors ütemben terjednek mind az egyedi, mind a kis sorozatú gyártás terén. A számos jó tulajdonsággal és új lehetőséggel rendelkező eljárásokkal olyan geometriájú alkatrészeket is elő lehet állítani, amelyeket más eljárásokkal nem, vagy csak nagyon körülményesen (bennszülött alkatrészek, belső bordázás, könnyítés stb.). Több olyan lehetőség létezik, amely sok előnnyel jár, azonban a késztermék mechanikai és egyéb tulajdonságai a legtöbb esetben jóval alul maradnak más, hagyományosabb technológiákkal (pl.: képlékeny alakítás, öntés, forgácsolás) gyártott alkatrészekkel szemben. A cikksorozat második részében megvizsgáljuk, hogy milyen fő problémák léphetnek fel egyes gyors prototípusgyártó technológiával előállított alkatrészeknél, és elemezzük, hogy milyen technológiai lépésekkel lehet azokat javítani.

GYORS ELJÁRÁSOK

A gyors prototípusgyártó eljárások (rapid prototyping) és az azokból továbbfejlesztett gyors gyártási (rapid manufacturing), valamint gyors szerszámgyártási (rapid tooling) eljárásokat egyre szélesebb körben alkalmazzák a gyártási folyamatokban. A technológiák alapját az additív eljárások nyújtják, amelyeknél az alkatrészeket egymást követő rétegről rétegre építik fel különböző módszereket alkalmazva (porolvastás, por-polimerizálás, huzalszál-olvastás, direkt anyagdepozíció stb.). Elterjedésüket az eljárások széles választéka, a technológiák fejlődésével járó egyszerűbb kezelhetőség, és az eljárásokat alkalmazó berendezések árának csökkenése segítette.

Ezek a technológiák azonban egyáltalán nem olyan egyszerűek és „igénytelenek”, mint ahogyan a különböző hirdetésekben, promóciókban és reklámokban hirdetik. Számos helyen olvashatjuk, hogy egy egyszerű tervezőrendszerrel megtervezett alkatrészt, akár egy irodában elhelyezett, asztal melletti berendezéssel szinte bárki előállíthat – ipari minőségben –, egyetlen gombnyomással.

Valóban vannak olyan „háztartási” 3D-s műanyag nyomtatók, amelyekkel otthon is el tudunk készíteni egyszerűbb alkatrészeket, azonban a gyakorlatban ennél sokkal bonyolultabb a helyzet. Még ha a termék megfelelő CAD-modellje¹² rendelkezésre is áll, akkor is számos nehézség-

be ütközünk, ha valóban igényes, teherviselő és megfelelően működő alkatrészt kívánunk létrehozni.

Az újabb 3D-s nyomtatást segítő programok, amelyek a modell egyes rétegeihez tartozó gépi mozgáspályákat állítják elő, már nagyon sok segítséget tartalmaznak a nyomtatási eljárásokhoz. Ezzel egyszerűbb eljárásokhoz, egyszerűbb alkatrészekhez (azokban az esetekben, amikor nem támasztunk nagy igényt a termékkel szemben) olyan segítséget nyújtanak, amivel akár kezdő felhasználók is, némi próbálkozás után, akár megfelelő minőségű alkatrészeket állíthatnak elő. Azonban minél magasabb igényeket támasztunk a termékkel szemben (felületi minőség, magas mechanikai vagy hő igénybevétel, megbízhatóság, környezeti hatásokkal szembeni ellenállóképesség) annál bonyolultabb (és ezzel együtt költségesebb) eljárást kell alkalmazni, amelyekhez már jóval nagyobb szaktudás és gyakorlat szükséges. Még ha azonos eljárást is alkalmazunk, de másik anyagot használunk fel, a nyomtatás paramétereit újra be kell állítani. Általában a szoftverek adnak ajánlást az egyszerűbb anyagokhoz, azonban a drágább és igényesebb anyagoknál (pl.: szálerősített kompozit ABS¹³) a paramétereket próbanyomtatással ellenőrizni kell, és a tapasztalatok alapján szükséges pontosítani a paramétereket. 3D-s fémnyomtatásnál az eljárás ennél még bonyolultabb. A nyomtatás tervezésénél a hőelvezetést nagyon pontosan kell megtervezni, ügyelni kell, nehogy nyomtatás közben deformálódjon a darab, továbbá minden esetben a darab utókezelése (mosás, utólagos feszültségcsökkentés, keményítő hőkezelés) is szükséges. (Erre polimer anyagok használatakor csak néhány fajta technológia esetén van szükség). További nehézséget okoz, hogy az elkészült darab pontos eltávolítása általában huzalszakra-forgácsológép alkalmazásával történik. A porágyas technológiáknál a por kezelése nagy körültekintést igényel. A mikroszemcsés por egészségre ártalmas, egyes porok könnyen elektromosan feltöltődnek, robbanásveszélyesek. A porok nagyon higroszkopikusak, azonban a nyomtatásnál történő felhasználásuk csak teljesen száraz állapotban ajánlott. Ezért rendszeres kiszáritásuk szükséges, amelyet csak hosszú időn keresztül, és kis mennyiségben lehet elvégezni.

Az említett példákban látható, hogy az eljárások alkalmazása messze túlmutat az „otthoni” felhasználáson.

A tanulmányban a szerzők megvizsgálták néhány ismert problémát, amelyek a bevezetőben említetteknek messze

* Egyetemi docens, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, BME Gyártástudomány és Technológia Tanszék. ORCID: 0000-0002-3161-8829

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

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



túlmutatnak, és olyan esetekben fontosak, amikor nagy teherbírású alkatrészeket kell előállítani. A cikkben említett problémák közül számosak más technológiák esetén is megjelennek (pl.: porozítás öntött vagy porkohászattal készült alkatrészeknél, maradandó feszültségek stb.), azonban ott nem olyan mértékben, mint a fémmotyomatott alkatrészek esetén. Szerencsére a hagyományos technológiáknál már többnyire kidolgozták a gyártási problémák javítását, illetve kiküszöbölését, tehát ezek a módszerek sok esetben felhasználhatók fémmotyomatott alkatrészeknél is. Azonban előfordulhatnak olyan hibák, amelyek a technológia specialitásából adódóan, kizárólag 3D-s nyomtatott alkatrészeknél jelentkeznek, és vannak olyan módszerek, amelyek hatékonyak a hagyományos technológiák hibáinak kiküszöbölése során, de nem alkalmazhatók egyes nyomtatott alkatrészeknél.

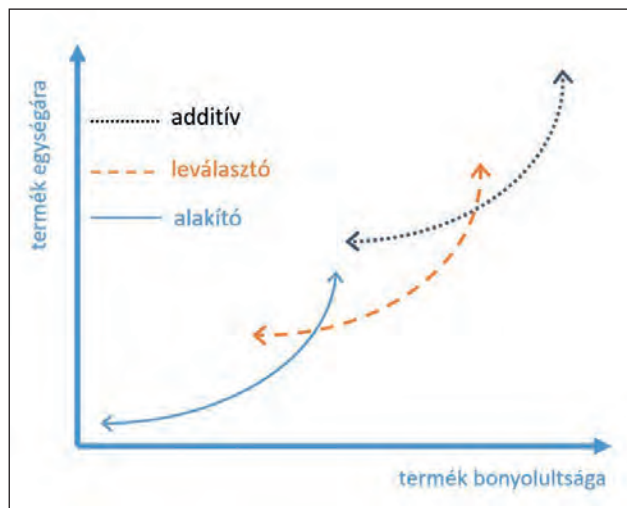
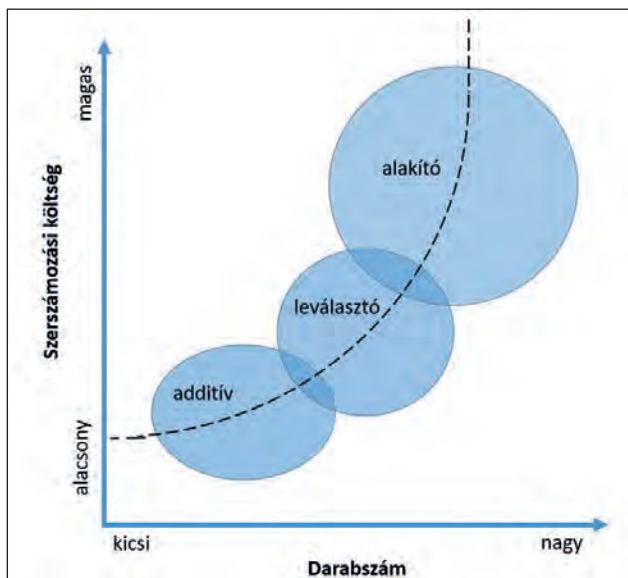
E tanulmányban a fegyveralkatrészeket tekintjük példának, amelyek nagy, impulzusszerű és ciklikus fárasztó igénybevételeknek vannak kitéve. Az alkatrészek méretkorlátait figyelembe véve, hadi lövészfegyver-alkatrészekre korlátozzuk a téma tárgyalását. A fegyverek tulajdonságait a harcászati-műszaki követelmények rögzítik, a megfelelő működést és a megbízhatóságot a szigorú gyártási és ellenőrzési előírások garantálják.

A szigorú előírások teljesítésének szempontjából az alábbi elvárások kiemelten fontosak:

- az alkatrészek legyártása a megadott pontossággal történjen,
- a ciklikus, impulzusszerű igénybevétel miatt lényeges az alkatrészek megfelelő felületi minősége,
- a homogén alkatrészek nagy tömörsége (a porózus szerkezet kimondottan hátrányos), nagy szívóssága és megfelelő keménysége, kopásállósága,
- maradandó feszültségek ne legyenek az alkatrészekben,
- a fegyveralkatrészek megfelelő korrózióállósággal rendelkezzenek.

A felsorolt követelmények közül sok egymásnak is ellentmond, azonban ezeken a feltételeken keresztül vizsgálhatjuk az egyes 3D-s nyomtatáskor fellépő nehézségeket. A fegyvereken találunk kisebb igénybevételnek kitétt

9. ábra. A gyártási folyamatok sorozata sematikusán, a szerszámköltség és a gyártási sebesség alapján (A szerzők szerkesztése [15] alapján)

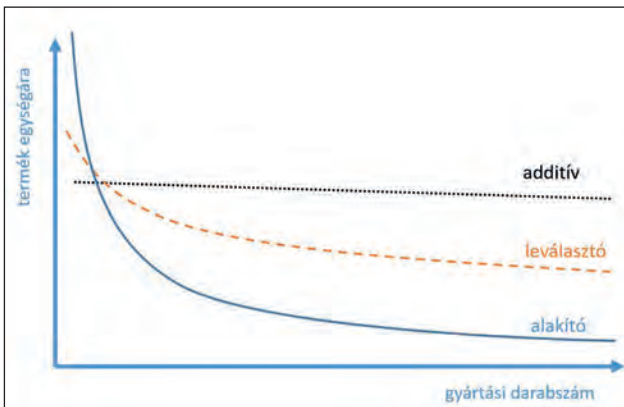


10. ábra. Az egységköltségek és az elérhető gyártási összetettség sematikus ábrázolása (A szerzők szerkesztése [15] alapján)

alkatrészeket is (pl.: markolat, ergonómiai borítás, szerelécsín stb.), amelyek más szempontok szerint készülnek, pl.: kis tömeg, jó ergonómia stb., de természetesen ezeknek az alkatrészeknek is megfelelő élettartammal és szilárdsággal kell rendelkezniük a fegyver alkalmazása tekintetében. A modern fegyverek általában fémtövezetből és polimer (illetve szálerősítéssel polimer kompozit) anyagokból készülnek, amelyeket gyors prototípus eljárásokkal is elő lehet állítani. Az új gyártási módszerek alkalmazhatóságát számos tényező befolyásolja, de elsősorban gazdasági megfontolások, és a produktivitás kérdései a meghatározóak. Az 9. ábra a darabszám és a szerszámköltségek kapcsolatát szemlélteti különböző gyártási módszerek esetén. Jól látható, hogy gyakran változó geometriánál, kis darabszámnál a gyártás előkészítésének költsége gyors prototípusgyártó eljárásoknál a legkisebb. A 10. ábra a három gyártási eljárás költségeit szemlélteti a gyártandó darabszám függvényében. Szembetűnő, hogy a képlékeny alakító technológiák az egyszerű geometriánál a legköltséghatékonyabb eljárások, míg a nagyon bonyolult geometriánál az additív eljárások alkalmazhatók.

A 11. ábra a három különböző gyártási stratégia esetén mutatja a darabok egységárát az elkészítendő darabszámok függvényében. Az ábra alapján megállapítható, hogy az additív gyártásnál a darabszámtól nem függ jelentősen a termék egységára, míg a forgácsoló vagy a képlékeny alakító eljárások költségei nagyban függenek tőle. Az ábrából az is leolvasható, hogy nagy darabszámok esetén az alakító eljárások a legelőnyösebbek. Az alkalmazott gyártástechnológia kiválasztását a sorozatgyártás nagysága is egyértelműen meghatározza. A fegyveralkatrészek legtöbb esetben tömeggyártással készülnek, amely produktivitását a 3D-s nyomtatás még megközelíteni sem képes, de speciális esetekben mégis érdemes megfontolni az alkalmazását. Ilyen esetek lehetnek:

- a fejlesztések,
- kísérleti darabok előállítása,
- más technológiával nem legyártható alkatrészek (bennszülött vagy belső bordázott alkatrészek),
- nem beszerezhető alkatrészek utángyártása,
- pótalkatrész igénye (pl.: ellátási lánc problémája háborús övezetben),
- a raktárkészlet minimalizálása.



11. ábra. Termékek költsége a gyártási darabszám függvényében, különböző gyártási technológiák esetén (A szerzők szerkesztése [14] alapján)

A technológia alkalmazásának alapfeltétele, hogy az elkészült alkatrész tulajdonságai elérjék a szükséges minőséget.

FŐBB FELMERÜLŐ PROBLÉMÁK A 3D-S NYOMTATÓ Gyártási ELJÁRÁSOKNÁL

Ebben a fejezetben felvázolunk néhány additív technológiáknál jelentkező problémát, amelyek a legyártott alkatrész minőségét, azok szerkezetének gyengítése miatt rontják. Az előnytelen tulajdonságok sok esetben csökkenthetők, vagy meg is szüntethetők megfelelő utókezeléssel. Ezeket a módszereket a tanulmány második részében ismertetjük. A gyors prototípusgyártó eljárások esetében adódó minőségromlást okozó problémák jelentős része más gyártási eljárásoknál is jelentkezett, és már létezik rájuk megoldás. Ezek a megoldások a nyomtatott alkatrészek minőségének javítására alkalmasak, így olcsóbb, hagyományos technológiákat tudunk alkalmazni.

A NYOMTATÁS ELŐKÉSZÍTÉSE KIEMELTEN FONTOS

A nyomtatógépek előkészítése rögzített előírások alapján történik, amelyeket minden esetben nagyon pontosan követni kell. Az elkészült darab tulajdonságai jelentősen romolhatnak, ha csak a legkisebb hibát is elkövetjük az előkészítésnél. A legfontosabb mozzanatok a következők:

- A gép nyomtatókamrájának teljesen mentesnek kell lennie az előző nyomtatásból maradt anyagoktól, mivel az idegen porszemcsék gyártmányba történő bekerülése helyi hibát okoz.
- A kamrának inert atmoszférával való feltöltésének (illetve vákuum alá helyezésének) is tisztított gázokkal kell történnie.
- A poranyagoknak lehetőleg újaknak kell lenniük. Kisebbségi minőségigényű esetekben újrahasznosított porokat is felhasználhatunk, azonban ezeknél a tisztítást és a szemcseméret-ellenőrzést gondosan el kell végezni, és hosszú szárítási folyamattal a teljes nedvességet el kell távolítani belőlük.
- A közvetlen szárelolvastási eljárásoknál az alapanyagot légmentesen kell tárolni, és csak felhasználás előtt szabad a gépbe helyezni. A nyomtatási alaplapot (amelyre majd az alkatrész felépül) megfelelően elő kell készíteni (a nyomtatási felületnek jó minőségűnek és teljesen tisztának kell lennie), ügyelni kell arra, hogy

lehetőleg azonos anyagból legyen, mint a nyomtatandó gyártmány.
 - Az alaplapot a megfelelő hőmérsékletre fel kell melegíteni (a hőmérséklet a technológia, és az alapanyag függvénye). A gép indítása előtt meg kell várni, amíg a nyomtatókamra hőmérséklete és atmoszférája eléri a kívánt értéket, és csak azután indíthatjuk a folyamatot. Ez a rövid leírás már jól mutatja, hogy milyen nehézségeket jelent már a nyomtatás előkészítése is.

A 3D-S NYOMTATÁSNÁL FELMERÜLŐ PROBLÉMÁK

A következő fejezetben megvizsgáljuk a gyors prototípusgyártó, fém alapanyagot alkalmazó eljárásoknál felmerülő problémákat. A hibák nagy része más eljárásoknál is felmerül, ezért nem szükséges kitérni minden egyes hibalehetőségre, azonban ki kell emelni azokat, amelyek jelenléte fokozottan befolyásolja a fegyveralkatrészek minőségét.

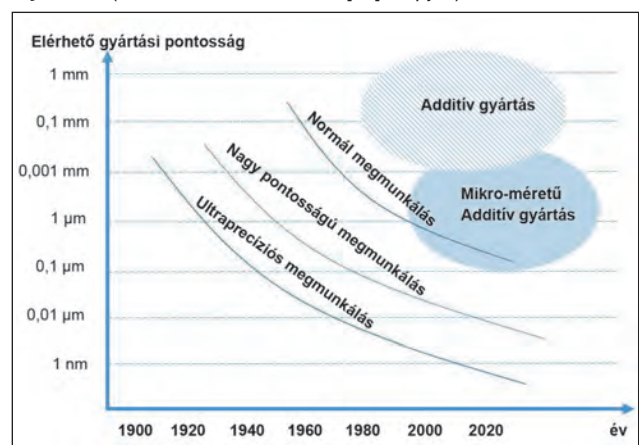
PONTOSSÁG, RÉTEGEZETTSÉG ÉS FELÜLETI MINŐSÉG

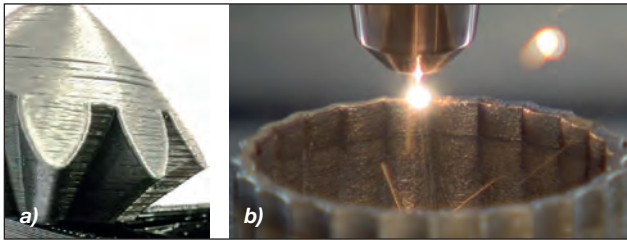
Mind a pontosság, mind a felületi minőség a munkadarab geometriai jellemzője. A pontosság alatt ebben a tanulmányban csak az alak- és a méretpontosságot vizsgáljuk. Ezek a jellemzők jelentősen függenek az alkalmazott technológiai eljárástól, a gép pontosságától, valamint a gyártási paraméterektől. Az alak- és a méretpontosság a gép alkatrészeinek pontossága és a vezérlés felbontásának függvénye, amely a gép típusának egyik jellemzője. Ez a beszerzésnél fontos szempont, ekkor kell eldönteni az alkalmazási területhez legjobban illő gép paramétereit, amelyet azonban később már nem tudunk megváltoztatni.

A pontosság itt sem növelhető tetszőlegesen a gép paramétereivel, sőt ennél jelentősen rosszabb a helyzet. A technológiai korlátok miatt olyan akadályokba ütközünk, amelyek behatárolják a gyártási képességeket. A 12. ábra mutatja az additív gyártás során elérhető pontosság fejlődését, összehasonlítva más gyártási technológiákkal.

Korlátot jelent például a fémporok szemcsemérete. A porszemek mérete közvetlenül befolyásolja a darab pontosságát és mechanikai tulajdonságát. A szemcsék méreteit bizonyos határok alá már technológiai okokból nem lehet csökkenteni (ez mind a porágyas, mind az ADAM-14 eljárásoknál korlátot jelent). Az itt felmerülő problémát

12. ábra. A gyártási pontosság és a gyártási módszerek fejlődése (A szerzők szerkesztése [15] alapján)





13. ábra. Rétegezethez szemléltetése a) [21], és a rétegezethez létrejött b) közvetlen szálleolvastási (DED – Direct Energy Deposition) technológiánál [17]

megfelelő porválasztással lehet optimalizálni, de az a beavatkozás a pontosságot és a felületi minőséget befolyásolja, korlátozza. Közvetlen szálleolvastásos eljárásoknál ez a korlát másképpen jelentkezik, ám ott is jelen van.

A másik probléma, amely a technológia következménye: a rétegezethez. Akármilyen jól választjuk is a port és a technológiai paramétereket, az eljárás miatt mindig külön rétegek fognak kialakulni a gyártási (felépítési) folyamatra mérőlegesen. Ezek az alkatrész külső felületein jól érzékelhetően jelentkeznek, amely mind alak, mind méretpontosságbeli problémákat, mind felületi minőségromlást okoznak (lásd két különböző eljárásnál fellépő rétegezethez 13.a) és b) ábra). A nyomtatási paraméterek megfelelő beállításával és porválasztással ezek csökkenthetők, de teljesen el nem tüntethetők. A minőség és a pontosság javítása érdekében pl. finomabb szemcsés port alkalmazhatunk és vékonyabb nyomtatási rétegeket állíthatunk be (adott lehetőségekhez mérten), ezek a mozzanatok a gyártási időt és a költségeket jelentősen megnövelik.

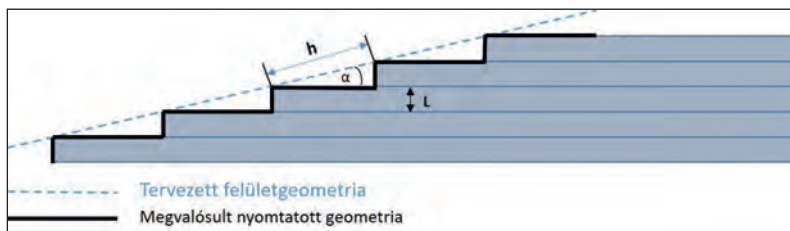
FELÜLETI ÉRDESSÉG

A fémmenyomatott alkatrészeknél keletkező felületi érdesség sokszor jóval nagyobb lehet, mint a hagyományos gyártási eljárásokkal készült daraboknál, és a darab oldalának dőlésszögétől, továbbá a gyártási folyamat egyéb helyi körülményeitől függően erősen változhat. A felületi érdesség az alábbiak tekintetében fontos:

- a faszasztó igénybevételek kitétt alkatrészek kifáradási tulajdonsága szempontjából,
- jelentős hatással van a nagy, dinamikus terhelést szenvedő alkatrészek állapotára, kopására,
- a koptatásnak kitétt alkatrészek élettartamára,
- a siklásnak kitétt alkatrészek mozgására, kopására, berágódására.

Továbbá fontos szempont a szép megjelenés, a külső felületen történő hőleadás minősége, valamint a felületről kiinduló korrózió-hajlamosság. Legtöbb esetben a jó felületi minőség kis felületi érdességet jelent, amelyet célszerű elérni fegyveralkatrészek gyártásánál. A felületi érdesség mikrogeometriai

14. ábra. Az idealizált megszilárdult rétegek és a hozzájuk tartozó éltávolság: h , a becsült érdesség sematikus ábrázolása adott rétegvastagság: L , valamint α dőlésszög esetén (A szerzők szerkesztése [15] alapján)



jellemző, ezért nem tartozik ide a felületen tervezett bordázás, rovátkolás, a szándékos érdesítés stb. [15].

A 3D-s nyomtatásakor fellépő felületi érdességproblémák egyes okai lehetnek:

- A rétegenkénti gyártáshoz kapcsolódó lépcsőhatások, amelyeket közvetlenül befolyásol a rétegvastagság és az alkatrész oldalának dőlésszöge (14. ábra).
- A részecskék kilökődése az olvadékfürdőből és a közvetlen szomszédos térrészekből, amely kifröccsenést eredményez, a részecskék a már elkészült rész felső felületéhez tapadhatnak.
- Az olvadékfürdő stabilitása, és a megszilárdult lézerpályához kapcsolódó morfológia, amely egyenetlen pályageometriához vezethet.
- Az olvadékfürdő hatása, a gőznyomás, a belső konvekciós áramok és a felületi feszültség kölcsönhatásai.
- Azok a felületek, amelyek nem felfelé néznek, szorosan érintkeznek a porággal az olvadékmédenca megszilárdulása során. Ez az érintkezés maradék részecskék tapadását eredményezi, különösen a nagy oldalszögű ferde felületeken.
- A szomszédos olvasztási pályák kölcsönhatásba lépnek egymással, különösen az átfedési szektorokban, amely a szomszédos és átfedő pályák egymás utáni olvasztásának és újraolvadásának eredményeképpen jön létre.

Az érdesség-tulajdonságokat számos 3D-s nyomtatási tervezési változó befolyásolja, mint például a feldolgozás előtti paraméterek (a por szemcsemérete, a részecskeelosztás, az alaplap előmelegítése és a nyomtató belső kamrakörnyezete), a folyamatparaméterek (a pásztázási sebesség, a lézerteljesítmény, a pásztázási távolsága, a rétegvastagság és a pásztázási stratégia) és az utófeldolgozási paraméterek, mint a hőkezelési és az anyageltávolítási folyamatok.

FELHASZNÁLÁSKOR JELENTKEZŐ (MECHANIKAI ÉS KORRÓZIÓÁLLÓSÁGI) PROBLÉMÁK

A módszer gyártástechnológiájából következően a terméknek elkerülhetetlen az anyag inhomogenitása és anizotropiája. Az inhomogenitás főképpen a porozitásból adódik (lásd később), amikor az anyag szerkezete helyről helyre változik, kisebb-nagyobb zárványok vagy folytonossági hiányok keletkeznek a por olvasztásakor. Ha ezek a zárványok elég kicsik (a szerkezet méreteihez képest, illetve összemérhetők az alkotó por szemcseméretével), akkor kijelenthető, hogy az inhomogenitás mértéke nem jelentős.

Nagyobb gondot jelent azonban az anizotropia, amely a technológia sajátossága miatt elkerülhetetlen. A gyors prototípusgyártó eljárások, rétegek egymásra építéséből állítják elő az alkatrészeket.¹⁵ Függetlenül attól, hogy milyen vékonyak ezek a rétegek, mindegyiket külön résznek kell tekinteni, amely a teherviselő képesség irányítottságát okozzák. Az anizotropia abból adódik, hogy a rétegekkel párhuzamos irányban az alkatrész teherbírása eltér a rétegekre mérőleges teherbírástól. Ez legjobban a húzó igénybevételeknél jelentkezik.

Az anizotropia továbbá a rétegeken belül is jelentkezhet, mivel a lézersugár csak vékony sávban olvasztja meg az anyagot, ezért a rétegeken belül is sávok alakulnak ki. A huzalleolvastásos eljárásoknál ennek a mértéke még erősebb. Így az alkatrészt felépítő rétegek magukban is anizotropok

lesznek. Pásztázásos olvasztásnál szintén nagy különbség mutatkozik a sávokkal párhuzamos, illetve a sávokra merőleges irányú terhelhetőség tekintetében, különös tekintettel a húzó igénybevételre.

A POROK ÖSSZETÉTELE

A porok összetételének megválasztása (a porkohászati eljárásokhoz hasonlóan) nagy szabadságot ad a tervezőnek, és az intermetallikus ötvözés során nagyon jó tulajdonságú anyagokat lehet összeállítani, amelyek a hagyományos eljárások során (mint pl. öntésnél) nem megoldható, de az összes részpor jó tulajdonságait hordozó összeállítás sajnos így sem lehetséges. A nyomtatási folyamat során a fémötvözetek összetétele is megváltozhat. Egy fémötvözetben, amelyben több különböző fémet kombinálnak, a legalacsonyabb olvadáspontú komponens a folyamat során olvasztási paraméterbeállításnál akár el is párologhat. Például a Ti-6Al-4V, az űrrepülésben elterjedt ötvözetnél a titán olvadáspontja sokkal magasabb, mint az alumíniumé, így a 3D-s nyomtatás során a folyamat közbeni paraméter-változtatással az anyag összetétele is befolyásolható.

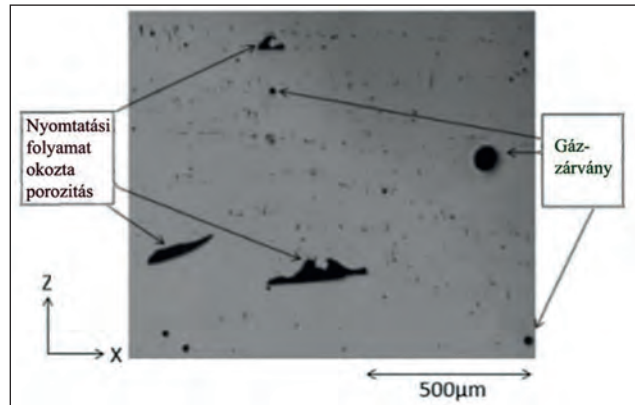
AZ ADDITÍV TECHNOLÓGIÁVAL GYÁRTOTT ALKATRÉSZEK POROZITÁS ÉS SŰRŰSÉG PROBLÉMÁI

A porozitáson a pórusok térfogatának a teljes térfogathoz viszonyított arányát értjük. A pórusok mindig a szilárd anyagban belüli terekre vonatkoznak, amelyek a gyártási folyamat során keletkeznek (ezek keletkezhetnek más folyamatoknál is, nemcsak 3D-s nyomtatáskor).

Sok esetben a „pórusok” és a „térfogati hibák” fogalmakat gyakran felcserélve használják, azonban a „hiba” kifejezésnek tágabb jelentése van. A hibák közé soroljuk a tökéletlenségek minden formáját, a pórusokon kívül a repedéseket, a mikroszerkezeti folytonossági hiányokat, a zárványokat stb. A publikációban csak a nemkívánatos pórusokkal foglalkozunk, amelyek az ideálisnak tekintett szilárd anyagban előfordulnak, és nem foglalkozunk az előre tervezett, 3D-s nyomtatással előállított sejtes pórusokkal, amelyek legtöbb esetben a kitöltési térfogatban tömegcsökkentésként jelennek meg.

A porozitási probléma nagyon lényeges, valójában az additív technológiák legérzékenyebb pontjának tekinthető, amely szinte mindegyik technológiánál előfordul, különböző méretekben, formában és eloszlásban. Jellemzően negatívan befolyásolja a gyártott alkatrészek mechanikai tulajdonságait, amely megnehezíti a folyamatok minősítését, és a megbízható alkatrésztulajdonságok elérését [15].

A porozitás a nyomtatási folyamat során lép fel, amikor kis lyukak és üregek keletkeznek az alkatrészen belül. Ezek az apró, általában mikroszkopikus pórusok alacsony sűrűséget okozhatnak – minél több a pórusok száma, annál kisebb az alkatrész sűrűsége. A belső szerkezet gyengítésével befolyásolhatják az alkatrész mechanikai tulajdonságait is, és hajlamossá teszik a repedésekre vagy más sérülésekre, különösen nagy terhelés esetén [21]. A porózus 3D-s nyomtatott fémalkatrészek porózusságának jellemzően két fő oka van: vagy a porgyártási technológiával kapcsolatos probléma, vagy maga a 3D-s nyomtatási folyamat (például a gázporlasztás alkalmazása néha pórusokat okozhat a poranyagban) (15. ábra). Az ilyen apró lyukak gyakoriságának forrása a nyomtatási folyamatban keresendő:



15. ábra. Fémnyomtatás által előidézett porozitás jelenléte porágyas technológiával készített darabon (a folyamat okozta porozitás és gázporozitás) [16]

- a lézer energiája nem elegendő, és ezért nem tudja megfelelően megolvasztani a fémet,
- a túlzott lézerenergia hatására az olvadt anyag cseppjei kifröccsennek, amely szintén pórusokat eredményezhet [21].

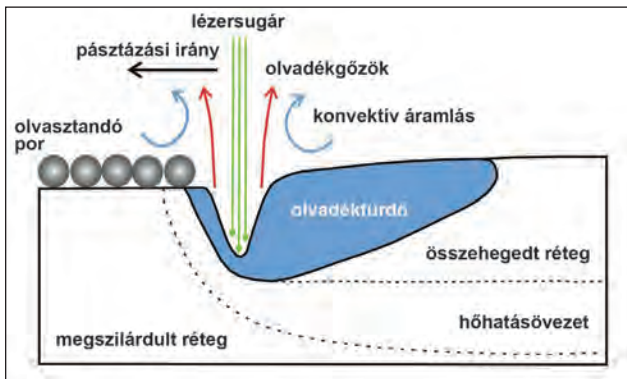
A két említett eset oka éppen ellentétes, de a végeredmény hasonló lehet.

A legtöbb esetben az alacsony porozitás még elfogadható (általában kisebb és kevésbé periodikus igénybevételnek kitett alkatrészek esetében), illetve utómunkálatokkal hatékony porozitás-csökkentést vagy póruszárást lehet elérni.

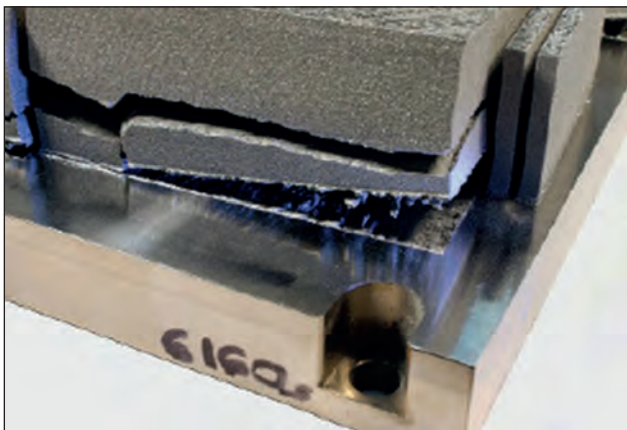
A porozitás legtöbb esetben mechanikai problémákat okoz, de egyéb más elektromos, illetve kémiai hatása is lehet. Ezek közül számunkra a korrózió a leglényegesebb. A porozitás befolyásolhatja a statikus mechanikai tulajdonságokat azáltal, hogy csökkenti a hatásos teherhordó felületet. A pórusok repedésképző helyként is működhetnek, a legnagyobb pórusok gyakran a hiba kritikus helyei. A porágyas technológiáknál a porozitás jelentősége alacsony [22], hiszen a pórusok nagy száma ellenére, azok nem befolyásolják jelentősen az alkatrészek statikus szilárdságát a porozitás akár 1%-áig. A felületi érdesség vagy a marandó feszültség – a fő befolyásoló tényezők ezekben az esetekben – természetesen szintén nagy jelentőséggel bírnak. Az anyag szívósságát azonban erősen befolyásolja a porozitás jelenléte, mégpedig a megnövekedett porozitás mértékével jelentősen csökkenti a szívósságot. A szakítóvizsgálatoknál kimutatható, hogy a kisebb pórusok egyesülnek nagyobb pórusokká, amelyek a későbbiek során az alkatrész meghibásodásához vezetnek [23].

A kifáradási tulajdonságokat azonban kifejezetten erősen befolyásolja a porozitás, és még a kis pórusok is repedések kiindulási helyei lehetnek fárasztó igénybevételnél. A porozitás alacsony kifáradási szilárdságot eredményez, és hozzájárul az alkatrész élettartamának széles szórásához. Mind a statikus, mind a kifáradási vizsgálatoknál kiderült, hogy a porozitás mértéke, elhelyezkedése és mérete nem a kizárólagosan fontos tényezők. A pórusok morfológiája is erősen befolyásolja a tulajdonságokat, mivel a szabálytalan és éles szélű pórusok sokkal jobban rontják a mechanikai tulajdonságokat, mint a lekerekített pórusok vagy a kis bezárt gázzárványok [15]. Ezért általában a porozitást legalább 1% alá kell szorítani a nagyobb, egybefüggő térfogattal rendelkező alkatrészek megfelelő statikus teherviselése érdekében. Ezt az értékhatárt keskeny szakaszokon vagy összetett részekben (pl.: rácsos szerkezetek támasztékaiban, belső sejtszerkezetekben) még tovább





16. ábra. A porágyas gyors prototípusgyártó eljárás egyszerűsített ábrája. A technológiából származó problémák jól láthatók a folyamat inhomogén hőeloszlása miatt (A szerzők szerkesztése [15] alapján)



17. ábra. Nagy maradandó feszültségek leszakították a darabot a gyártási alaplapról [16]

kell csökkenteni, ahol a pórusméret a helyi anyagvastagsághoz viszonyítva már jelentős lehet.

A másik fontos tényező, amely részben a porozitáshoz hasonló: a sűrűség. Amikor egy alkatrész működése során ciklikus, fárasztó igénybevételnek van kitéve, a sűrűsége az egyik fontos tényező, amely meghatározza, hogy az alkatrész állapot a terhelés alatt milyen mértékben romlik. Minél kisebb egy alkatrész sűrűsége, annál valószínűbb, hogy nyomás hatására megreped. A porágyas technológi-

akkal (SLM, EBM¹⁶) 98%-os, vagy annál nagyobb sűrűségű alkatrészek előállítása is lehetséges, amelyek elengedhetetlenek a nagy igénybevételű alkalmazásoknál.

A korrózióállóság számos alkalmazásnál igen fontos, amely főként az anyag metallurgiájára vezethető vissza, azonban kimutatták, hogy a porozitás jelenléte erősen befolyásolja a korrózióállóságot [15]. A magas porozitás nagyobb mértékű korrózióhoz vezet, mivel a pórusok korróziós helyként működnek. Ez a hatás a korrózióknak kitett felületek közelében a legkritikusabb [15].

MARADANDÓ FESZÜLTSEGEK

A nagy hőbevitel (a hevítés és az azt követő hűlés) a fém 3D-s nyomtatásos eljárások velejárója. A lézersugár koncentráltan, rövid időre felhevíti egy keskeny sávban a port, amely gyorsan visszahűl, és ebből következően nagy belső feszültséget okoz. (16. ábra) A maradandó feszültségek kedvezőtlenül hatnak a gyártott alkatrész minőségére, deformációkat, egyéb mechanikai problémákat és kritikus tönkremenetelt is okozhatnak. A maradandó feszültségek számos szerkezeti problémát eredményezhetnek az alkatrészben, amelyek közül a repedés és a vetemedés a leggyakoribb. Az ilyen problémák általában akkor fordulnak elő, amikor az olvadt fém a nyomtatás után lehűl. A lehűlés összehúzódást okoz, amelytől az alkatrész szélei felgyűrődhetnek és deformálódhatnak. Szélsőséges esetekben a feszültség meghaladhatja az alkatrész szakítószilárdságát, ez esetben az alkatrész megreped. Repedés akkor is előfordulhat, ha a poranyag nem volt megfelelően megoldva (17. ábra).

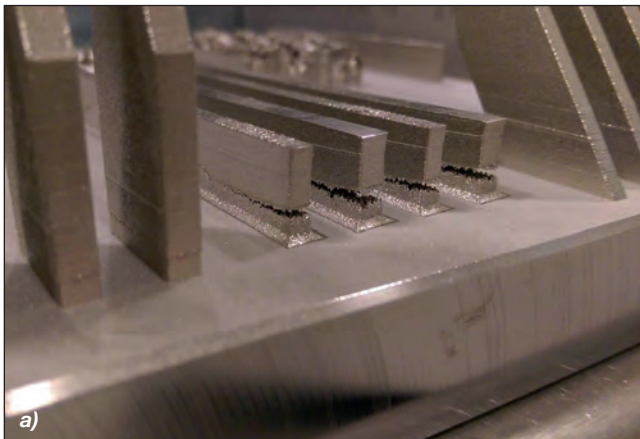
Nyomtatáskor a feszültségkoncentráció a nyomtatott rész alján, és az alaplap érintkezési felületén lép fel. Nem megfelelő eljárásnál vetemedést, repedést, a nyomtatott alkatrész leszakadását is előidézheti.

REPEDÉSEK, DELAMINÁCIÓ, VETEMEDÉS

Repedés akkor fordul elő, amikor az olvadt fém túl gyorsan szilárdul meg, vagy egy terület újabb hőhatást kap, és ha az energiaforrás túl erős, többlet feszültség léphet fel a megszilárdulási folyamat során (18 a) ábra).

A delamináció: a rétegek közötti repedések kialakulása (18. b) ábra), amely annak eredménye, hogy a port a túl alacsony energiájú lézersugár nem olvasztja meg kellőké-

18. ábra. Nem megfelelő nyomtatási paraméterbeállításokat alkalmazva, porágyas eljárásnál a nagy belső feszültségek okozta stressz hatására az alkatrészek megrepedtek a), illetve delamináció (rétegenkénti szétválás) keletkezhet b) [16]



pen, vagy túl nagy energiájú a sugár, ezért az olvadákfürdő alatti rétegeket újra megolvasztja. Egyes repedések utómegmunkálásokkal javíthatók, de a delamináció nem tartozik ezek közé, ehelyett a probléma megelőzése érdekében a hordozólemezt kell előmelegíteni. Annak érdekében, hogy a nyomtatási feladat megfelelően induljon el, a nyomtatási kezdeti rétegeit megfelelően össze kell olvasztani a hordozólemezzel. A gyártás során, ha az alapfelület termikus feszültsége meghaladja a hordozóanyag szilárdságát, a hordozó elkezd deformálódni, amelynek következtében maga az alkatrész megvetemedhet, amely olyan mértékű is lehet, hogy a gép porterítő alkatrészeivel is ütközhet. Ez akár a gépalkatrész tönkremeneteléhez is vezethet, ezért a vetemedés elkerülése érdekében az ideális számú tartószerkezetet a megfelelő helyre kell elhelyezni. Ezt sokszor nehéz meghatározni anélkül, hogy minden egyes új nyomtatott alkatrészt külön próbával ne ellenőriznénk. Segítségnyújtásnak a szoftveres CAD, illetve a végeselemes alapú megoldások, amelyekkel részben elvégezhető az ellenőrzés. A termikus utófeldolgozás segíthet a kisebb repedések kijavításában is, miközben a megfelelő számú tartószerkezet kialakítása elengedhetetlen a vetemedés elkerülés érdekében [21].

AZ ELJÁRÁS SORÁN TOVÁBBI FELMERÜLŐ PROBLÉMÁK

A fém 3D-s nyomtatási folyamata során más torzulások is előfordulhatnak, például duzzadás vagy ömledékképződés. Duzzanat akkor következik be, amikor a megszilárdult fém a por fölé emelkedik. Hasonlóképpen olvadákgolyók keletkeznek, amikor az anyag szilárd rétegek helyett gömb alakúvá szilárdul. Ezt a jelenséget az olvadákfürdővel érintkező felületi feszültséggel kapcsolatos problémák okozzák, de csökkenthető az olvadék hossz-átmérő arányának 2:1-nél kisebbre történő változtatásával.

Az oxigénnek és a nedvességnek való kitétség megváltoztathatja a fémötvözetek összetételét. Például, ahogy az oxigén növekszik a Ti-6Al-4V titánban, az alumíniumtartalom csökkenhet. Ez különösen igaz a fémpor újrahasznosításakor. Az újrahasznosítás azt is eredményezi, hogy a porszemcsék kevésbé gömbölyűek, kevésbé jól folynak és hegednek.

(Folytatjuk)

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



FELHASZNÁLT IRODALOM

- [14] Redwood, Ben, Schöffner, Filemon, Garret, Brian. 2017. „The 3D printing handbook, technologies, design and application Amsterdam: 3D Hubs B.V.”;
- [15] Yadroitsev, Igor, Yadroitsava, Ina, Du Plessis, Anton, MacDonald, Eric. 2021. „Fundamentals of Laser Powder Bed Fusion of Metals, Additive Manufacturing Materials and Technologies” (Elsevier);
- [16] Molitch-Hou, Michael. 7 Issues to Look Out for in Metal 3D Printing, *ENGINEERING.com* examines seven of the challenges that occur in metal 3D printing processes, Jul 10, 2017, <https://www.engineering.com/story/7-issues-to-look-out-for-in-metal-3d-printing> (Letöltve: 2022.10.7.);
- [17] Metal 3D Printing: A Definitive Guide (2021), 26 June 2019, <https://amfg.ai/2019/06/26/metal-3d-printing-a-definitive-guide/> (Letöltve: 2022.10.7.);
- [18] MATSUURA-Lumex Avance 25 - Metal hybrid 3D printer https://www.maqinser.com/en/product/lumex_avance_25/ (Letöltve: 2022.10.7.);
- [19] https://www.matsuura.co.jp/english/media_library/matsuura-lumex-avance-25-solution (Letöltve: 2022.10.7.);
- [20] Hybrid Metal 3D Printer LUMEX Avance-25 & Application, Matsuura Europe GmbH Additive Manufacturing Technolog, 2015. https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/1300_matsuura.pdf (Letöltve: 2022.10.7.);
- [21] 5 Common Problems Faced with Metal 3D printing – And How You Can Fix Them, 2020. Június. 1. <https://facfox.com/docs/kb/5-common-problems-faced-with-metal-3d-printing-and-how-you-can-fix-them> (Letöltve: 2022.10.7.);
- [22] Du Plessis, A., Yadroitsava, I., Yadroitsev, I. 2020. Effects of defects on mechanical properties in metal additive manufacturing: A review focusing on X-ray tomography insights. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108385>. Elsevier Ltd. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264127519308238> (Letöltve: 2022.10.7.);
- [23] Krakhmalev, P., et al., 2016. Deformation behavior and microstructure of Ti6Al4V manufactured by SLM., *Physics Procedia* Vol. 83. pp. 778–788. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2016.08.080> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875389216301870> (Letöltve: 2022.10.7.).

JEGYZETEK

- 12 CAD: Computer-Aided Design – számítógéppel segített tervezés.
- 13 ABS: akrilnitril-butadién-sztirol. Az amorf polimerek közé tartozó, magas felületi fényű, jó ütésálló képességgel, nagy keménységgel és szilárdsággal, jó hőállósággal és vegyszerállósággal rendelkező, hőre lágyuló műanyag. (A szerk.)
- 14 ADAM: Atomic Diffusion Additive Manufacturing – atomdiffúziós additív gyártás.
- 15 Lásd cikkünk előző részét: „A 3D-s nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei” *Haditechnika* 2022/6. 56–60. o. DOI: 10.23713/HT.56.6.09.
- 16 SLM: Selective Laser Melting – lézer használatán alapuló additív gyártási eljárás. EBM: Electron Beam Melting – elektromosság alkalmazásán alapuló additív gyártási eljárás.

Dr. Rohács József*

A személyrepülőgépek biztonsága II. rész

A személygépjármű módjára használható személyrepülőgép – a személyes légi forgalom megvalósulása – a jövő nagyszerű lehetősége. A tudományos és technológiai fejlődés eredményeként a közeljövőben épülő repülőgépek kedvező üzemeltetési költsége miatt várhatóan sokan fognak vásárolni vagy bérelni, és vezetni ilyen gépeket. A jövő repülőgép-vezetőinek azonban viszonylag kevés lesz a repülési gyakorlata, ezért a személyrepülőgépek biztonság-filozófiájának a kidolgozása elengedhetetlen feladat. Az új elvek egyik fontos eleme a repülőgép-vezetők szubjektív döntési mechanizmusának elemzése és a szubjektív döntések modellezése. A tanulmány három fő kérdéskörét tekintve az első rész a repülőgép irányítását vizsgálta, a második rész az irányítás szubjektív analízisét ismerteti, végül a szerző a vázolt elvek alapján elemzi egy repülőgép leszállását.

A MARKOV-MODELLEK

Az aktív rendszerek jövőbeni állapota (esetünkben a repülőgép repülési jellemzőkkel, mint állapotvektorral meghatározott állapota) függ a jelenlegi pillanatnyi állapotától, a rendszer jellemzőitől, tulajdonságaitól, valamint az alkalmazott irányítástól (kontrolltól). Általános esetben a vizsgált rendszer jövőbeni állapotát, pontosabban az állapotváltozás folyamatát nemlineáris, (aerodinamikai) késést és rendszer-anomáliákat (paraméter-bizonytalanságokat) tartalmazó sztochasztikus rendszerdifferenciál egyenletrendszerrel lehet leírni. A differenciál egyenletrendszerekkel meghatározott folytonos idejű, folytonos állapotterű folyamatok minden esetben approximálhatók folytonos idejű, diszkrét állapotterű Markov-láncokkal. [17]

A Markov-modellek³ lehetnek

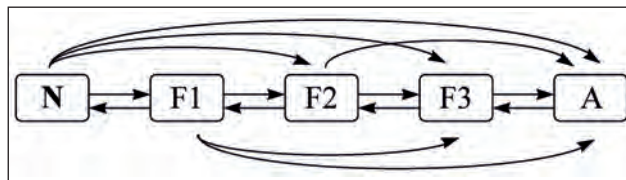
- állandósultak konstans transzfer (állapotváltási) mátrixszal,
- instacionárisak, idő invariáns átmeneti mátrix elemekkel,
- fél-Markoviak, amikor az átmeneti mátrix elemei gyakorlati eloszlásfüggvényekből meghatározottak,
- beépített Markov-modellek, mikor az átmeneti mátrix elemei sztochasztikusan, vagy más Markov modellekkel közelített módon változnak.

A Markov-modelleket a gyakorlatban rendkívül széles körben alkalmazzák, többek között a magyar repüléstudományban is. [18][19][20]

Esetünkben a cél a repülésbiztonság elemzése, ilyen szempontból először a repülőesemények vizsgálata szolgálja a kezdeti adatokat.

Amint azt a gyakorlat mutatja, egy veszélyes repülési helyzet és a repülőesemények kialakulásához több, a repülés biztonságát veszélyeztető, különböző súlyú, de egyidőben aktivizálódó körülmény (jelenség, hiba, meghibásodás) vezet el. [21][23] Ezek a hibák többnyire elvileg egymástól függetlenek, de egy időben jelentkeznek.

A repülőesemények bekövetkezéséhez tehát a 4. ábrán vázolt folyamat vezet el. [21] Itt N – normál, F1, F2, F3 –



4. ábra. A repülőgép repülési (légi üzemeltetési) folyamatának egyszerű gráfmodellje (A szerző szerkesztése)

egy, kettő, három meghibásodást tartalmazó állapotok, míg az A – a veszélyhelyzet, a baleset (accident) megjelenése. A nyilak a lehetséges állapotváltások irányát adják meg. Az állapotváltásokat ún. állapotváltás valószínűségének a sűrűségével jellemzik. Jelölje $\beta_{i,j}$ annak a valószínűség sűrűségét, hogy a rendszer az S_i állapotból az S_j állapotba vált, abban az esetben, ha már az S_i állapotban van.

Ekkor viszonylag egyszerűen a Markov-láncrea felírható egyenletrendszer egyértelműen meghatározza a folyamatot:

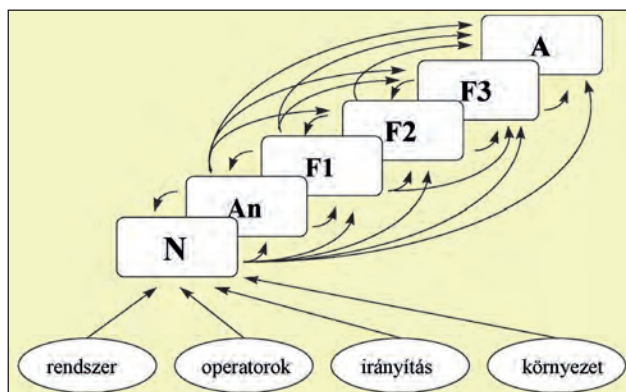
$$\dot{\mathbf{P}}(t) = \beta(t)\mathbf{P}(t), \quad (5)$$

ahol $\mathbf{P}(t) = [P_i(t)]$ annak a valószínűsége, hogy a rendszer éppen az S_i ($i = N, F1, F2, F3, A$) állapotokban tartózkodik, míg a $\beta(t) = [\beta_{i,j}]$ egy időfüggő átmenet-valószínűségi, helyesebben állapotváltási, vagy transzfer mátrix.

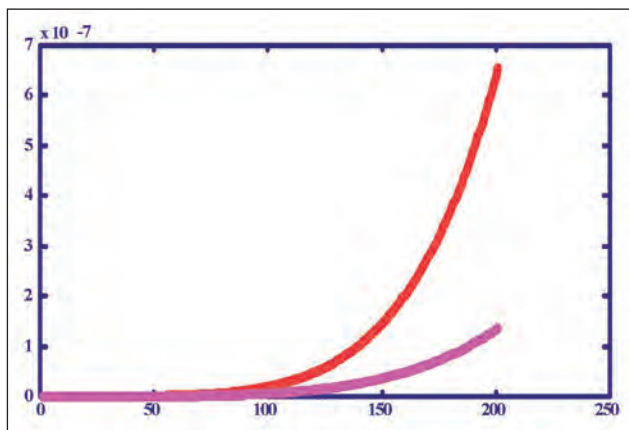
A gyakorlatban a rendszer több, a 4. ábrán vázolt, de „párhuzamosan” működő alrendszerre bontható [22] [23], úgymint rendszer (repülőgép), operátor (repülőgép-vezető), irányítás és környezet, amint az a 5. ábrán is látható.

Itt az An az anomáliák, azaz a névleges jellemzőktől történő eltérések megjelenésére utal. A folyamat sajátossága, hogy az elvileg egymástól független részfolyamatok mégis szoros kapcsolatban vannak. Amennyiben valamelyik alrendszerben megjelenik egy anomália, egy vagy két meghibásodás, akkor az összes többi alrendszerben a hibák megjelenési gyakorisága megnő. Vagyis a hibák megjelenési

5. ábra. Az együttes hibák megjelenésével számoló modell reprezentációja (A szerző szerkesztése)



* Professzor emeritus, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Repüléstudományi és Hajózási Tanszék. ORCID: 0000-0002-4607-9063



6. ábra. Az anomáliák figyelembevételével (felső görbe) és anélkül (alsó görbe) számított repülési kockázat (A szerző szerkesztése)

nése az egyes alrendszerekben nem abszolút független, azok együttes megjelenésével számolunk. Ezt a

$$\beta_{i,i} = -\sum_{j=1}^m \beta_{i,j} \quad (i \neq j) \quad (6)$$

kapcsolat fejezi ki. Pontosabban az állapotváltási mátrix elemeit a

$$\beta_{ij} = \beta_{i,j,0} + \mathbf{K}_{i,j} \mathbf{P}(t) \quad (7)$$

formában kell megadni, ahol $\beta_{i,j,0}$ az eredeti, vagy kiindulási mátrix eleme, $\mathbf{K}_{i,j}$ az egyes állapotoknak az adott állapotváltási mátrixelemre gyakorolt hatásának a vektora. A $\mathbf{K}_{i,j}$ vektor elemei nullák, ha az adott állapotnak nincs hatása az adott mátrixelemre.

A $\mathbf{K}_{i,j}$ vektorok elemeit az anomáliák elmélete, a gyakorlati tapasztalatok és statisztikai adatok alapján lehet felvenni.

A szimulációs vizsgálatok azt mutatják, hogy az együttesen megjelenő hibákat figyelembe véve, a kockázat a hagyományos módon számított kockázatnak az 50-150-szerese. (6. ábra)

Elvileg ezek a Markov-modellek tartalmazhatják a szubjektív elemek hatásait is. A gyakorlatban azonban nehéz meghatározni, hogyan változnak a transzfer mátrix elemei a szubjektív hatásoktól.

A SZUBJEKTÍV ANALÍZIS ALKALMAZÁSA A REPÜLŐGÉP VEZETÉSÉNEK ELEMZÉSÉBEN

DÖNTÉSI MODELLEK

A szubjektív analízis alkalmazásával vizsgált döntési folyamatokban [17][24][25] általában a legfontosabb és egyben korlátozó tényező a döntéshoz szükséges idő:

$$t^{req} = t_{ue}^{req}(\sigma_k) + t_{dec}^{req}(S_a) + t_{react}^{req}(\sigma_k, S_a), \quad (8)$$

amely az adott σ_k pillanatnyi (repülési szituáció) állapot megértéséhez és értékeléséhez szükséges $t_{ue}^{req}(\sigma_k)$ idő, egy adott S_a döntés kiválasztása érdekében meghozandó (irányítási) döntésre felhasználandó $t_{dec}^{req}(S_a)$ idő, valamint a döntés végrehajtására kellő $t_{react}^{req}(\sigma_k, S_a)$ idő összege. Itt a σ_k az összes lehetséges szituációt (állapotot), illetve annak egyik ténylegesen becsült megjelenését jelöli, míg az S_a a

lehetséges és alkalmazható irányítási megoldások halmából választott megoldást jelenti.

Az operátor szubjektív döntéseinek az ún. szubjektív tényezője a szükséges és a rendelkezésre álló időnek a viszonyából adódik [17][24][25]:

$$\bar{r}_k = \frac{R^{req}(\sigma_k)}{R^{disp}(\sigma_k)} = \frac{t^{req}(\sigma_k)}{t^{disp}(\sigma_k)}, \quad (9)$$

amelynek az alkalmazásával bevezethető a szubjektív aktív rendszer ún. endogén tényezője:

$$\varepsilon_k(\sigma_k) = \frac{\bar{r}_k}{1 - \bar{r}_k} = \frac{\tau^{req}(\sigma_k)}{\tau^{disp}(\sigma_k) - \tau^{req}(\sigma_k)}. \quad (10)$$

A (10) a τ a vizsgált rendszer jellemzők alkalmazott képzetes idő, a valós t idő helyett.

A szubjektív analízis alkalmazásakor felteszik, hogy a σ_k lehetséges szituációk szubjektív valószínűsége $P(\sigma_k)$, amely a preferenciák kanonikus eloszlását feltételezve az alábbi formában adható meg:

$$p(\sigma_k) = \frac{P^{-\alpha}(\sigma_k) e^{-\beta \varepsilon_k(\sigma_k)}}{\sum_{q=1}^2 P^{-\alpha}(\sigma_q) e^{-\beta \varepsilon_k(\sigma_q)}}, \quad (11)$$

ahol a $p(\sigma_k)$ a negatív szempontból a lehetséges legjobb alternatívák eloszlását (annak sűrűségfüggvényét) írja le. A kifejezésben szereplő időinvariáns α és β koefficiensek az alkalmazott modell endogén tényezői, azaz a repülőgép-vezető – operátor szubjektív pszicho-fiziológiai sajátosságait jellemzik, amelyek természetesen a repülőgép-vezető leterheltségétől, mentális állapotától is függenek. A repülőgép-vezetők irányítási „minősége” sok tényezőtől, sajátosságtól függ, amelyek között egy „periodikus bizonytalanság” is megjelenik. A döntésre rendelkezésre álló idő lejártahoz közeledve a repülőgép-vezető „bizonytalan” a döntés meghozatalában vagy elvetésében.

Általánosságban elmondható, hogy a $\bar{r}_k = \frac{t^{req}(\sigma_k)}{t^{disp}(\sigma_k)} \rightarrow 0$

esetben a preferenciákat csak a $P(\sigma_k)$ szubjektív valószínűség határozza meg, míg a $\bar{r}_k \rightarrow 0$ esetben a preferenciák nullába „fordulnak”. [24]

Elméleti megfontolások alapján belátható, hogy a (11) a következő függvény megoldásából ered [24]:

$$\Phi_p = -\sum_{k=1}^N p(\sigma_k) \ln p(\sigma_k) - \beta \sum_{k=1}^N p(\sigma_k) \varepsilon_k(\sigma_k) - \alpha \sum_{k=1}^N p(\sigma_k) \ln P(\sigma_k) + \gamma \sum_{k=1}^N p(\sigma_k) \quad (12)$$

Ennek a függvénynek a sajátosságát a szubjektív valószínűség logaritmikus függvényeit tartalmazó hatékonysági függvény szerkezete adja meg:

$$\eta_p = -\sum_{k=1}^N (\alpha \ln P(\sigma_k) + \beta \varepsilon_k(\sigma_k)) p(\sigma_k). \quad (13)$$

A repülőgép-vezető – operátor döntésének komplexitását a (repülési) szituációk értékelésére rendelkezésre álló információk bizonytalansága, a rendszerben meglévő anomáliák (paraméter-bizonytalanságok) és az operátor bizonytalansága (döntési képessége) befolyásolja. Ez utóbbi a rendelkezésre álló döntési idő végéhez közeledve egyre nő. A döntés kialakításához a repülőgép-vezető – operátornak át kell lépnie a saját H_p „entrópia válaszfalát”, amelyet a bizonytalanság normájaként lehet meghatározni a lehet-



séges döntési alternatívák N számának a függvényében [17][24][25]:

$$\bar{H}_p = \frac{H_p}{\ln N}. \quad (14)$$

Az emberi agy működésének sajátosságai

A repülőgép-vezető – operátor legfontosabb sajátossága, hogy döntéseit az agyban lejátszódó folyamatok határozzák meg.

Arisztotelész⁴ azon a véleményen volt, hogy az érzékelés és a gondolkodás szerve a szív, az agy pedig a szív hűtésére tervezett „radiátor” [26]. Persze ma már ezt nem így gondoljuk, de az emberi agy működése még ma sem eléggé ismert.

Az ember „tevékenységeit”, illetve „működését” az agy irányítja, amely a központi idegrendszer legfontosabb része és a külső idegrendszer működésének irányítója. Az emberi agy mérnöki szemmel egy nagy, összetett rendszer, amely alapvetően az egymással kommunikáló idegsejtek, a neuronok hálózatára épül. A neuronokban az információ, mint elektromos folyamat a dendritektől indul, majd a sejtmagon keresztül az axonon át, pontosabban a másik idegsejt dendritjeihez közel lévő axon végződéseken jut el a következő neuronig. Két idegsejt közt az információ egy vegyi folyamat eredményeként adódik át. Ilyen formán vegyi és elektromos folyamatok alapján millió és millió idegsejt kapcsolódik össze az információ feldolgozása, kiértékelése és a megfelelő válaszjelek kialakítása érdekében. [27][28][29]

Az agy, valamint az agy elektromos és vegyi működésére jellemző, hogy

- az agy mintegy százezermilliárd idegsejtet tartalmaz,
- tömege elérheti az 1,4 kg-ot, amely az átlagos ember súlyának 2%-a,
- az agyban az információtovábbítás sebessége eléri a 300 ezer km/h sebességet,
- az agy használja fel az emberi test által felvett oxigén ötödét,
- amennyiben az oxigénellátás 10 másodpercre megszakad, az ember elveszti az eszméletét.

Az emberi agy biztosítja a szervezet működését, homeosztázisát, ugyanakkor felel az érzékelés-észlelés, a gondolkodás, a tanulás és emlékezés magasabb rendű folyamataiért is.

Sajnos még ma is viszonylag szerény ismeretekkel rendelkezünk az agy tényleges kapacitásáról, a gondolkodásról, az emlékezésről, az emlékezéshez szükséges információ „tárolásáról”, a tárolt információ „előhívásáról”, és így tovább. Neumann⁵ [30] is foglalkozott az agy működésével. Úgy vélte, hogy az emberi agy 10^{14} bit hosszú idejű memóriával rendelkezik. Ma a legtöbb tudós egyetért abban [28][29], hogy az emberi agyban mintegy 10^{14} kapcsolat van, és lehetséges, hogy mindegyik kapcsolat egy byte memóriát tartalmaz. Mivel minden neuron (idegsejt) képes 1000 számítást elvégezni másodpercenként. Az emberi agy tehát képes 10^{17} műveletet végrehajtani másodpercenként.

Kohler⁶ [31] meghatározása szerint kétféle nézet létezik a gondolkodás leírására. Az egyik szerint a gondolkodás topografikus, vagyis az idegrendszer működése olyan hálózathoz hasonlít, amelyben a kapcsolatok mindent meghatároznak. A másik a dinamikus gondolkodás, amelyben időfüggő és energiaátadással járó folyamatok játszódnak le az idegrendszerben.

Az emberi gondolkodás másik sajátossága az intuíció. Ez egyfajta megsejtés, a korábbi ismeretek alapján olyas-

minek a felismerése, olyasmire adott helyes reakció megtalálása, amivel korábban nem találkozott a gondolkodó elme. Természetesen jelentős különbség van az ember szándékolt gondolkodása és az állatok ösztönös viselkedése között.

Az ember képes folyamatosan tanulni, az információkat hosszú távon tárolni és akkor előhívni, amikor arra szükség van. A memóriát is többféle módon elemzik és osztályozzák. [27] Az egyik megközelítés szerint alapvetően egy rövid és egy hosszú távú memória létezik. Az első esetben képi, hangis hatásokkal együtt, rövid időre, és viszonylag kisszámú adat, esemény tárolható. A másik a hosszú távú memória, amely során a tapasztaltak jelentését és nem a pontos körülményeket tárolja az emberi agy. Ez utóbbi persze azt is jelenti, hogy előhívási hibák léphetnek fel. A hosszú távú memóriában tárolt információ, beirási, tárolási és előhívási hibák miatt is sérülhet.

Lényegében a gondolkodás lehet intelligencia jellegű, amely az implicit jellegű memórián alapszik, tehát a dolgok felidézése tudatos erőfeszítés nélkül, automatikusan megy végbe, és létezik kreatív gondolkodás, amely az ismereteket, a tárolt információt új formában is képes megjeleníteni.

Az információk tárolása az emlékezetben kapcsolódhat képekhez, szituációkhoz, szagokhoz stb., amelyek segítségével könnyebb a felidézés. Természetesen a tárolt információ lehet igaz vagy hamis, szándékolt vagy szándék nélküli, megértett vagy meg nem értett stb. Mindezek közben a tanulás, a felismerés, a problémaértés, az emlékezés, a döntés mind olyan képesség, amely meghatározza az emberi agy működését, amely nemcsak bonyolult, de gyakran „meglepő”, előre nem látható, mondhatni kaotikus eredményekhez vezethet. Két repülőgép-vezető, elvileg ugyanazon információ birtokában a szakmai tudása, korábbi gyakorlati tapasztalata, képességei és pillanatnyi állapotja alapján különböző megoldásokkal reagál ugyanazon helyzetekre. Ennek a kaotikus jelenségnek kell megjelennie a szubjektív analízisben.

Az operátor működésének endogén dinamikai modellje

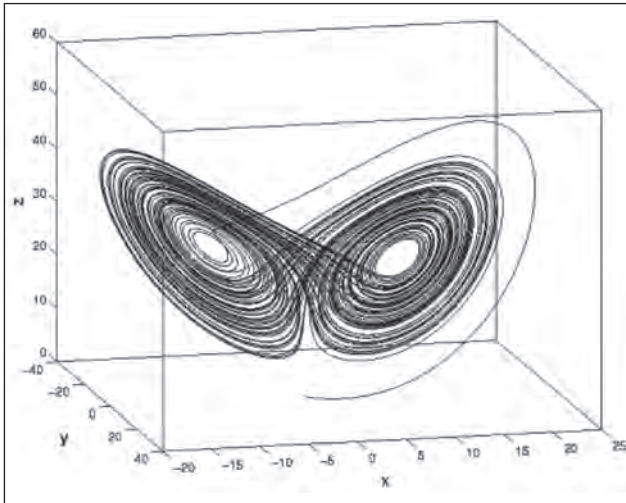
Az emberi gondolkodást egy sor sajátosság jellemezi:

- érzékletek szintaktikai és szemantikai feldolgozása,
- komplex rendszerek alkalmazása,
- párhuzamos gondolkodás és reakciók,
- tanulási képesség, rövid és hosszú távú memória,
- modellalkotási képesség,
- rejtett (gyakorlati) tudás megszerzése, alkalmazása,
- célirányos gondolkodás,
- intuíció,
- kreativitás,
- innovációs képesség stb.

Ezek a sajátosságok kaotikus eredményekhez vezethetnek a döntési folyamatokban. Kasyanov professzor⁷ javaslatára [32] az embernek, mint operátornak a döntési modelljét célszerű egy módosított Lorenz-attraktorral⁸ [33] modellezni:

$$\begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= aY - bX - hX^2 + f(t); \\ \frac{dY}{dt} &= -Y - XZ + cX - mY^2; \\ \frac{dZ}{dt} &= XY - dZ - nZ^2. \end{aligned} \quad (15)$$

A (15)-ben az a, b, c, d, h, m, n állandók, az f a zavarásokat veszi figyelembe. Amennyiben $h = m = n = 0$ és



7. ábra. A Lorenz-attraktor (A szerző szerkesztése)

$f(t) = 0$, akkor a modell a klasszikus Lorenz-attraktorra (7. ábra) egyszerűsödik.

A javasolt endogén dinamikai modellben az X – belső endogén paraméter, $Y = \alpha$ és $Z = \beta$ (lásd: 11-es számú képlet).

A SZUBJEKTÍV ANALÍZIS ÉS A REPÜLŐGÉP LESZÁLLÁSA

A REPÜLŐGÉP LESZÁLLÁSA

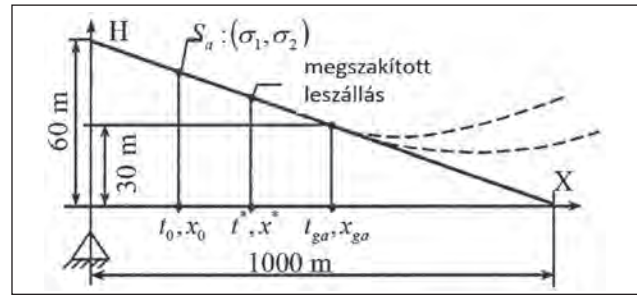
A repülőgép leszállása a repülés utolsó, földet érés előtti szakasza. A nemzetközi előírások szerint a leszállás 50 láb (15 m) magasan⁹ kezdődik, és három fontos szakaszból áll: siklás az előre megadott siklási szögön; felvétel (áttérés a vízszintes repülésre, amely a földet éréssel fejeződik be (amelyet kisrepülőgépek esetén egy ún. kilebegtetés előz meg), és a kigurulási (fékezési) szakasz. A repülésbiztonság szempontjából a bevezetés végső szakaszát is célszerű a leszálláshoz számítani (8. ábra).

1. táblázat. ILS (precíziós) megközelítési minimumok különböző megközelítési kategóriákhoz (A szerző szerkesztése [35] alapján)

Kategória	Döntési magasság
I. kategória	nem alacsonyabb, mint 60 m (200 láb)
II. kategória	60 méternél (200 lábnál) alacsonyabb, de 30 méternél (100 lábnál) nem alacsonyabb
III. A kategória	30 m-nél (100 lábnál) alacsonyabb vagy nincs elhatározási magasság
III B. kategória	15 m-nél (50 lábnál) alacsonyabb vagy nincs elhatározási magasság
III. C kategória	nincs döntési magasság-korlátozás

A sikeres leszállás tehát a bevezetés utolsó szakaszával kezdődik. Amennyiben bármilyen probléma adódik, akkor a repülőgép-vezetőnek fel kell azt ismernie, értékelnie kell, döntést kell hoznia és végre kell hajtania a döntést arról, hogy folytatja vagy megszakítja a leszállást. A teljes szituáció elemzésére, a döntésre és a végrehajtásra a repülőgép-vezetőnek addig van ideje, amíg el nem éri a H_{Dmi}^* minimális döntési magasságot.

A 8. ábra egy egyszerű döntési mechanizmust mutat. Amennyiben a t_0, x_0 repülési helyzetben probléma adódik,



8. ábra. Kisrepülőgép leszállása kevésbé felszerelt repülőtéren (A szerző szerkesztése a [35] alapján)

akkor – leegyszerűsítve az esetet – két döntési lehetőség nyílik meg a pilóta előtt, az $S_a : (\sigma_1, \sigma_2)$ formában, amelyben a σ_1 a leszállás folytatását, a σ_2 a leszállás megszakítását jelöli, amelyek döntési preferenciáit a $p(\sigma_1)$ és $p(\sigma_2)$ eloszlásfüggvények határozzák meg [17][24][34].

A preferenciák „oszcillálnak”, mivel a repülőgép-vezetők bizonytalanok a döntésükben. Ahogy közelednek a döntési magassághoz egyre bizonytalanabbak, leszálljanak-e vagy megszakítsák a leszállást. Ez a belső endogén elemek, folyamatok sajátossága. Ugyanakkor a t^*, x^* (a H_{Dmi}^*) eléréséig dönteniük kell, mivel a kormányzásra a repülőgép bizonyos késéssel reagál, és ha a gép nem kezdi meg a leszállás megszakítását a t_{ga}, x_{ga} repülési állapotig, akkor már nem tudja azt végrehajtani. A késedelmes döntés azt jelenti, hogy a szituáció bonyolultabbá, összetettebbé válik, és előfordulhat, hogy a leszállás megszakítása, a σ_2 esemény már nem lesz a lehetséges megoldások között.

A változlat értelmében a szituációelemzés a következők szerint alakul [24][34]:

$$S_a : (\sigma_2); p(\sigma_2) \begin{cases} \rightarrow S_{a1} : (\sigma_2); p(\sigma_2) = 1; p(\sigma_1) = 0 \\ \rightarrow S_{a2} : (\sigma_1); p(\sigma_1) = 1; p(\sigma_2) = 0 \end{cases} \quad (16)$$

$$p(\sigma_1) + p(\sigma_2) = 1 \quad t \geq t^*$$

A repülőgép-vezető bizonytalanságát az információ-elméleti entrópia értékével szokás jellemezni:

$$\bar{H}_p = \frac{H_p}{\ln N} \quad \bar{H}_p = \frac{p(\sigma_1) \ln p(\sigma_1) + p(\sigma_2) \ln p(\sigma_2)}{\ln 2}, \quad (17)$$

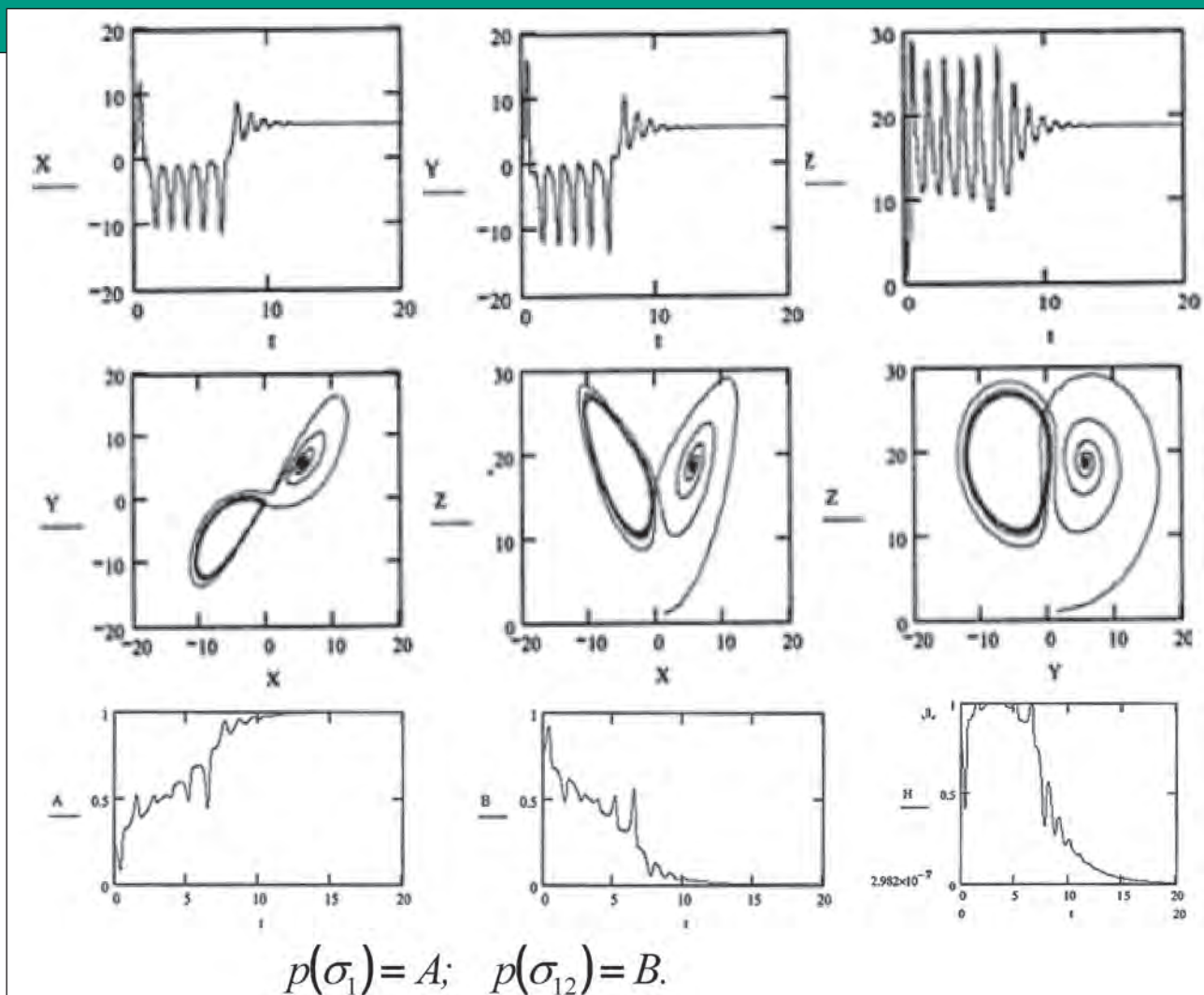
SZIMULÁCIÓS VIZSGÁLATOK

Kasjanov professzor széleskörű vizsgálatok és szimulációs elemzések után [24][34] meghatározta a javasolt endogén modell paramétereit, amelyek egy közepes méretű utas szállító repülőgép (repülőgép tömege: $W = 10^6$ N; szárnyfelület: $S = 100$ m²; szárny karcsúsága: $A = 7$; tolóerő: $T = 9,4 \times 10^4$ N; és a leszállási sebesség: $V = 70$ m/sec) egy kevésbé gyakorlott „hivatásos” repülőgép-vezető esetén a következő értékekre adódnak: $a = 8$; $b = 8$; $c = 20$; $d = 43$; $f = 0,8$; $h = 0,065$; $m = 0,065$; $n = 0,065$. Ezek felhasználásával és a lehetséges esetekre a $P(\sigma_1) = 0,53$, $P(\sigma_2) = 0,6$, valamint a $\varepsilon_1 = 5,5 + 0,01t$, $\varepsilon_2 = 5,4 + 0,04t$ értékeket megválasztva lehetséges két eseményre a következő valószínűség sűrűségfüggvényeket kapjuk:

$$p_1(\sigma_1) = \frac{p_1^{-0,01Z} e^{-Y_{\varepsilon_1}}}{p_1^{-0,01Z} e^{-Y_{\varepsilon_1}} + p_2^{-0,01Z} e^{-Y_{\varepsilon_2}}}, \quad (18)$$

$$p_2(\sigma_2) = \frac{p_2^{-0,01Z} e^{-Y_{\varepsilon_2}}}{p_1^{-0,01Z} e^{-Y_{\varepsilon_1}} + p_2^{-0,01Z} e^{-Y_{\varepsilon_2}}}$$





9. ábra. A kidolgozott szimulációs modell alkalmazása egy közepes méretű repülőgép professzionális repülőgép-vezetőjének a leszállás során követett döntési mechanizmusára (A szerző szerkesztése)

A szimulációs modellt alkalmazva a 9. és a 10. ábrákon bemutatott eredményekhez jutunk.

A 9. ábrán látható, hogy a repülőgép-vezető döntési preferenciái (az A, vagy a B eset melletti döntések) gyorsan változnak. Elfogadva a döntési entrópia 0,7-es értékét (amely még mindig elég nagy bizonytalanságot jelent), a repülőgép-vezetőnek mintegy 7 másodpercre van szüksége, hogy döntsön. (Helyesebb azonban azt elfogadni, hogy a pilóta 10 másodperc alatt hozza meg a döntését.)

Égészen más eredményeket kapunk, ha egy kiváló repülőgép-vezetőre vonatkozó paraméterekkel ($a = 10; b = 10; c = 35; d = 1; f = 0; h = 0,065; m = 0,065; n = 0,065$ és $P(\sigma_1) = 0,53, P(\sigma_2) = 0,6$) számolunk (10. ábra). Ebben az esetben már 3 másodperc is elegendő a megfelelő döntés meghozatalára.

A GYAKORLATLAN REPÜLŐGÉP-VEZETŐK TEVÉKENYSÉGÉNEK SZIMULÁCIÓS EREDMÉNYEI

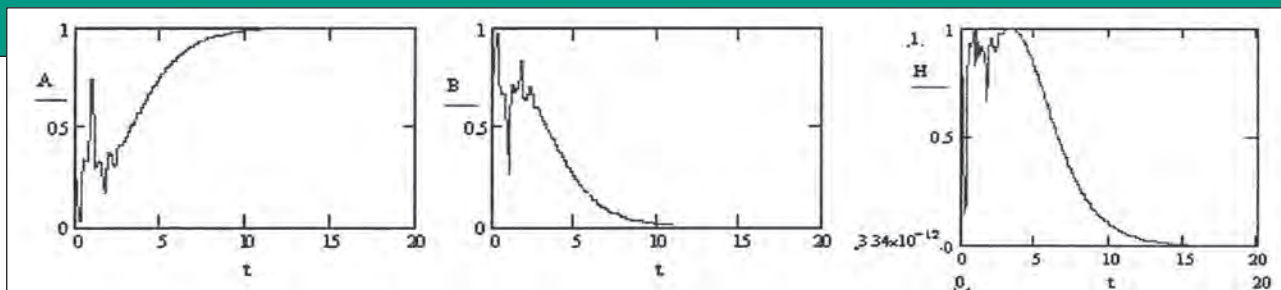
A személyrepülőgépeket többnyire gyakorlatlan (less-skilled) repülőgép-vezetők (tulajdonosok, bérlők) fogják vezetni. Könnyen belátható, hogy a gyakorlatlanabb pilótáknak mintegy ötször több időre van szükségük, hogy a szükséges szituációértékelés, döntés, végrehajtás folyamatot sikeresen megoldják. A 10. ábra alapján belátható, hogy a döntéshez szükséges repülési időt csak akkor lehet biztosítani, ha az előírt siklási szögön repülve a személyrepülőgép sebessége nem lépheti túl a 75 km/órát. A számí-

tott leszállási sebesség egyben azt is eredményezi, hogy a személyrepülőgépek biztonságos fel- és leszálláshoz elegendő egy 250–300 m-es pályával rendelkező, kb. 600 m hosszú repülőtér, amelynek a fel- és leszálló pálya melletti biztonsági zónával növelt része sem lépi túl az 1 km-t.

ÖSSZEZÉS

A személyrepülőgépek teljesen új piaci szegmenst nyitnak meg a polgári repülés fejlődése előtt. A legújabb tudományos és technológiai eredmények felhasználásával készülő repülőgépek üzemeltetési költsége várhatóan nem fogja meghaladni a közepes méretű repülőgépekéit, ezért sokan fognak vásárolni vagy bérelni, és vezetni ilyen gépeket. Mivel a repülőgép-vezetők többségének viszonylag kevés lesz a repülési gyakorlata, ezért egy sor kutatás indult a személyrepülőgépek biztonság-filozófiájának a kidolgozása érdekében. Ezek egyik eleme a gyakorlatlan (less-skilled) repülőgép-vezetők tevékenységének új alapokra helyezett értelmezése, elemzése.

A Kasyanov professzor által javasolt szubjektív analízis módszerét alkalmazva, a gyakorlatlan repülőgép-vezetők tevékenységét egy endogén, aktív, irányított dinamikus rendszerként lehet leírni. A repülőgép-vezetők a repülési szituáció értékelését, a döntést és a döntés végrehajtását tartalmazó folyamatot a saját gyakorlatuk, pillanatnyi pszicho-fiziológiai állapotuk, a repülési szituációk és a rendelkezésre álló ún. passzív és aktív lehetőségeket kihasználva



10. ábra. Kiváló képességű repülőgép-vezető döntési mechanizmusának szimulációs modellje (A szerző szerkesztése)

irányítják a repülőgépeket. A tanulmány bemutatta, hogyan lehet a folyamatot leírni; elemezte a repülőgép-vezetők tevékenységét, és a döntési folyamat leírására bevezetett egy módosított Lorenz-atraktorra épülő modellt, amelyet a repülőgép mozgását és a szubjektív analízis módszereit alkalmazva javasolt használni, és a vizsgálatok alapján a személyrepülőgépek leszállására vonatkozó legfontosabb követelményeket megállapítani.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [17] Bharucha-Reid, A. T. „Elements of the Theory of Markov Processes and Their Applications”. New York: McGraw-Hill, 1960.;
- [18] Pokorádi L.: „Repülőgépek üzemeltetési folyamatainak markovi modellje”, Kandidátusi értekezés, MTA DT., Budapest, 1996.;
- [19] Bathory, Zs.: „Investigations on Aircraft Uncontrolled Stochastic Motions”, Ph.D. Thesis, Budapest University of technology and economics, Budapest, 2004.;
- [20] Rohacs, J. Bathory, Zs.: „Analysis of Approximation of Aircraft Stochastic Motion by Markov Models”, ICAS Congress, Yokohama, Japan, CD-ROM, 2004, ICAS. 2004.10.2.1 – 4.10.2.10.;
- [21] Rohacs, J., Simon I.: „Repülőgépek és helikopterek üzemeltetési zsebkönyve” (The handbook of airplane and helicopter operation) Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.;
- [22] Rohács, J., Németh, M.: „Effects of Aircraft Anomalies on Flight Safety” *Aviation Safety VSP*, Utrecht, The Netherland, Tokyo, Japan, 1997, pp. 203–211.;
- [23] Rohacs, J.: Risk Analysis of Systems with System Anomalies and Common Failures „Progress in Safety Sciences and Technology” Vol. II. Part. A. (edited by Li Shengcai, Jing Guoxun, Qian Xinming), Chemical Industry Press, Beijing, pp. 550–560;
- [24] Berger, J. O. *Statistical Decision theory and Bayesian Analysis*, Springer, New York, US, 1985.;
- [25] Rohacs, J.: „Safety aspects of the personal air transportation system”, 27th International Congress of the Aeronautical sciences, ICAS (International council of the Aeronautical Sciences), 19 - 24 September 2010, Nice, France, ICAS 2010 CD-ROM Proceedings, ISBN 978-0-9565333-0-2, paper No. ICAS2010-10.7.5. p. 12.;
- [26] Aristotle of Stagira, <http://agclark.myweb.uga.edu/aristotle.html> (Letöltve: 2022.9.27.);
- [27] Russel, P.: *The brain Book*, Penguin Group, New York, 1979.;
- [28] *The Human Brain*, http://www.solarnavigator.net/human_brain.htm (Letöltve: 2022.9.27.);
- [29] Davidmann, M.: *How the Human Brain Developed and How the Human Mind Works*, <http://www.solbaram.org/articles/humind.html> (Letöltve: 2022.9.27.);
- [30] Neumann, J.: *The Computer and the Brain*, New Haven/London: Yale Univesity Press, 1958.;
- [31] Pylyshyn, Z. W.: „Computers and the Symbolization of Knowledge”, <http://rucss.rutgers.edu/ftp/pub/papers/suffolk.pdf>; (Letöltve: 2022.9.27.);
- [32] Kasyanov, V. A. „Subjective analysis” (in Russian), National Aviation University, Kiev, 2007, p. 512.;
- [33] Strogatz, Steven „Nonlinear dynamics and chaos : with applications to physics, biology, chemistry, and engineering”. Perseus Books, Massachusetts, US, 1994.;
- [34] Rohacs, J., Kasyanov, V. A.: Pilot subjective decisions in aircraft active control system, *J. Theor. Appl. Mech.*, 49, 1, pp. 175–186, 2011.;
- [35] ICAO Annex 6, Operation of Aircraft Part I, International Commercial Air Transport — Aeroplanes Order Number: AN 6-1 ISBN 978-92-9231-536-8 © ICAO 2010 https://www.verifavia.com/bases/ressource_pdf/299/icao-annex-6-part-i.pdf (Letöltve: 2022.10.14.).

JEGYZETEK

- 3 Andrej Andrejevics Markov (Rjazany, Orosz Birodalom, 1856. június 14. – Pétervár, Szovjetunió, 1922. július 20.) Orosz matematikus, aki leginkább a sztochasztikus folyamatokkal kapcsolatos munkáiról ismert. Kutatásának elsődleges tárgya később Markov-láncok vagy Markov-folyamatok néven vált ismertté. (A szerk.)
- 4 Arisztotelész (Sztagira, Görögország, Kr. e. 384.– Évia, Görögország, Kr. e. 322.) Görög tudós és filozófus, a modern európai tudomány atyja és előfutára. Mesterével, Platónnal együtt a nyugati kultúra legnagyobb hatású gondolkodói közé tartozik. (A szerk.)
- 5 Margittai Neumann János Lajos (Budapest, 1903. december 28. – Washington, 1957. február 8.) Magyar származású matematikus, aki a kvantummechanika elméleti kutatásai mellett a digitális számítógép elvi alapjainak lefektetésével vált ismertté. (A szerk.)
- 6 Wolfgang Köhler (Reval, Orosz Birodalom, 1887. január 21. – Enfield, USA, 1967. június 11.) német származású amerikai pszichológus, gestaltpszichológus és fenomenológus, aki nagyban hozzájárult a gestaltpszichológia (alaklélektan) létrehozásához. (A szerk.)
- 7 Prof. dr. Volodimir A. Kasjanov, Nemzeti Repüléstudományi Egyetem, Mechanika tanszék, Ukrajna.
- 8 A Lorenz-atraktor három összekapcsolt nemlineáris, közöséges differenciálegyenletből álló rendszer, amelyet 1963-ban fogalmazott meg Edward Norton Lorenz (West Hartford, USA, 1917. május 23. – Cambridge, USA, 2008. április 16.) amerikai matematikus, meteorológus, a káoszelmélet egyik megalkotója. A differenciálegyenlet-rendszer matematikai egyenletek kaotikus viselkedésével próbálta megmagyarázni a való világ jelenségeit. (A szerk.)
- 9 A légi üzemeltetésről (Air Operations – OPS) szóló bizottsági rendelet tervezetének függelékéi REV 29.02.2012 I. függelék p. 4. <https://www.easa.europa.eu/downloads/9799/hu> (Letöltve: 2022.6.22.)

1. ábra. A HIK/G központot egy Rába H-18 típusú terepjáró gépjármű felépítményeként hordozott konténerben alakították ki (A szerzők felvétele)



Tóth Péter* – Szeleczi Szilveszter**

A tábori infokommunikációs rendszerek centruma, a HIK-központ

A Magyar Honvédség (továbbiakban: MH) a 21. században jelentős figyelmet fordít a hálózatalapú műveleti képesség fejlesztésére. Az információs és kommunikációs technológiák alkalmazása – a korszerűsítésre való folyamatos törekvés miatt – már jó ideje aktuális fejlesztési terület.

AZ INFOKOMMUNIKÁCIÓS RENDSZEREKRŐL

A katonai műveletek végrehajtása és támogatása során számos olyan technológiát használnak, amelyek jellemzően a polgári alkalmazásban korábban már megmutatták hatékonyságukat. A parancsnoki döntéshozatalt széles

ÖSSZEFOGLALÁS: A digitális infokommunikációs rendszerek a katonai műveletek elengedhetetlen részei. A különböző adat- és hangkapcsolatok szervezése és irányítása fontos ismérve és egyben kihívása is a Magyar Honvédség tábori körülmények között gyakorolt képességének. Szakirodalom-kutatással és saját források felhasználásával a szerzők célja az infokommunikációs rendszerek hálózatos képességének és azok alkalmazásának jelentőségét ismertetni az olvasóval, a Magyar Honvédségnél alkalmazott mobil informatikai központok kialakulásának bemutatásán keresztül. A központ híradó-informatikai feladatokat lát el, segítve a szárazföldi erők vezetési és irányítási rendszerét, miközben – a hálózatcentrikus műveleteiben betöltött szerepének súlya miatt – fontos fejlesztési kérdéseket is felvet.

KULCSSZAVAK: tábori központ, digitális rendszerek, vezetés és irányítás, infokommunikáció

ABSTRACT: Digital information communication systems are essential parts to military operations. The organization and management of the various data and audio links is an important characteristic and also a challenge of the ability of the Hungarian Defense Forces practiced in field conditions. The authors aim to introduce the reader to the importance of the network capabilities of info-communication systems, through the presentation of the development of the mobile IT centers used by the Hungarian Defense Forces. These centers help the ground forces' command and control system, and due to the importance of its role in network-centric operations, they also raise important development issues.

KEY WORDS: field infocommunication center, digital systems, command and control, infocommunication

* Infokommunikációs csoportvezető, HM Elektronikai, Logisztikai és Vagyonkezelő Zártkörűen Működő Részvénytársaság, ORCID: 0000-0001-8781-3554

** Tudományos kutatásért felelős koordinátor, HM Elektronikai, Logisztikai és Vagyonkezelő Zártkörűen Működő Részvénytársaság, ORCID: 0000-0003-2891-0527

körben támogatják infokommunikációs rendszerek. Ezen rendszerek szinonim kifejezéseként a NATO (North Atlantic Treaty Organization – Észak-atlanti Szerződés Szervezete) releváns dokumentuma a kommunikációs rendszerek és az információs rendszerek gyűjtőfogalmaként értelmezi. [1; 30. o.] A műveleteket jellemzően tömeges információt tartalmazó környezet veszi körül. Régóta bizonyossá vált, hogy az információk gyűjtését, tárolását, feldolgozását és továbbítását végző rendszerek tevékenységei alapjaiban befolyásolják a katonai szempontból jelentős, információs fölény megszerzésére irányuló célok megvalósulását. [2]

A katonai műveletek sikeres végrehajtása érdekében az úgynevezett C2 (Command and Control – vezetés és irányítás) rendszer megfelelő működése szükséges. A NATO-terminológiában ezen rendszer a következőt jelenti: felszerelések, módszerek és eljárások, valamint szükség esetén a működtető személyzet olyan összessége, amely lehetővé teszi a parancsnokok és törzsek számára a vezetés és irányítás gyakorlását. [1; 29. o.] A C2 rendszerhez, mint központi rendszerhez a gyakorlatban különböző, például felderítő vagy tűzcsapásmérő alrendszerek is csatlakozhatnak, létrehozva egy összetett és komplex infokommunikációs képességet. Az infokommunikációs rendszerek általában hálózatba kapcsolt módon működnek együtt (HAMK – hálózatalapú műveleti képesség), amelyek összessége egy, a katonai műveleteket támogató komplex rendszerként képzelhető el. [3] Ezen rendszerek képessége tehát az információs (információfeldolgozó) rendszerek és a kommunikációs (információtovábbító) rendszerek összegzése eredményeként alakult ki. Az egyre hatékonyabb eszközpark és a feladatok mennyiségének, összetettségének, illetve a végrehajtásuk szükséges gyorsaságának megnövekedett igénye miatt manapság már C4 (Command, Control, Communications and Computers – vezetés, irányítás, kommunikáció és informatika), sőt sok esetben C6ISR (Command Control Communications Computers Cyber-Defense and Combat Systems and Intelligence Surveillance and Reconnaissance – vezetés, irányítás, kommunikáció, informatika, kibervédelem, harcvezető rendszerek, hírszerzés, megfigyelés, felderítés) rendszerekről beszélünk.

A képességek fejlesztése mögött számtalan katonai felsővezetői igény áll, amelyeket konkrét követelményrendszerként fogalmaznak meg. A technológiai fejlődés során annak igénye is felmerül, hogy a különböző hardveres és szoftveres összetevőkből álló eszközök (például a katonai rádiók) és rendszerek értelmezni tudják az egymás által szolgáltatott információkat. Itt jelenik meg egy új igény, az interoperabilitás, amely a kapcsolódó NATO-dokumentum szerint a következő: „A szövetségesek taktikai, műveleti és stratégiai céljainak elérése érdekében történő koherens, hatékony és eredményes közös képessége”. [1; 71. o.] Az interoperabilitás és a kapcsolódó haditechnikai korszerűsítési igények megjelennek az MH C2 rendszer vonatkozásában is. A követelmények megvalósítása nem csupán nemzeti, de NATO-tagországgként a szövetségi műveletek érdekében is fontos célkitűzés. A követelményekben meghatározott képességek elérésében az infokommunikációs rendszerek szerepe nélkülözhetetlen, amelyekhez kapcsolódó haditechnikai elemek tekintetében mind állandó (stacioner), mind táborig (mobil) telepítésű járműveket és eszközöket alkalmaznak. Az MH táborig infokommunikációs központjainak hálózatba kapcsolt kiépítése és üzemeltetése kapcsán kiemelendő az úgynevezett HIK – Híradó és Informatikai Központ állomások nélkülözhetetlen szerepe.

A HIK-KÖZPONTOK FELADATA ÉS TÍPUSAI

Egy HIK-állomás fő feladata, hogy alkalmazásának hazai vagy missziós területéről telefon- és számítógéphálózati csatlakozás lehetőségét valósítsa meg az anyaországi, honi infokommunikációs rendszerekhez, továbbá biztosítsa a harcvezetési információk fogadását, tárolását, megjelenítését, feldolgozását és továbbítását. Az állomás lehetővé teszi a kiépített vezetési ponton belüli és a vezetési pontok közötti nyílt és információvédelemmel ellátott beszéd-, telefax- és adatkapcsolatokat az elérhető civil infrastruktúra (helyi telefon- és internetszolgáltató) felhasználásával, vagy jármű esetén a mellé telepített parabolaantenna segítségével, műholdas kapcsolaton keresztül. [4] A központ biztosítja a kapcsolódás lehetőségét az alábbi rendszerekhez:

- az MH belső telefon (zártcélú) hálózatához (hangkapcsolat);
- az MH nyílt belső informatikai hálózatához (adatkapcsolat);
- az MH minősített belső informatikai hálózatához (adatkapcsolat);
- a NATO nyílt hálózatához (hang- és adatkapcsolat);
- a NATO minősített hálózatához (hang- és adatkapcsolat);
- polgári szolgáltatók hálózataihoz (hang- és adatkapcsolat).

A Magyar Honvédségnél különböző típusú HIK-központok működnek, amelyek a technológiai fejlesztéseknek köszönhetően, kialakítástól, mobilitási képességtől és felhasználási területtől függően a következő típusú HIK-állomásokat rendszeresítették:

- fix telepítésű konténerben üzemelő központ (BHIK¹);
- járműre épített konténerben üzemelő központ (HIK/G²);
- hordozható kivitelű, műanyag tárolóládákban kivitelezett központ (HIK/S³).

A központoknak köszönhetően a kiszolgált katonai egység földrajzi kötöttségei nélkül, bárhol képes csatlakozni a Magyar Honvédség zárt telefon- és intranet hálózatához, a civil telefonhálózathoz és az internet nyílt hálózatához. A HIK-állomás lehetőséget biztosít a hazai és a NATO szövetségi követelményeinek megfelelő titkosított csatornán keresztül történő hang- és adatkapcsolatra is. [5]

A HIK-központok célja tehát hogy missziós műveletek esetén egy zászlóalj települési helyén álljon rendelkezésre egyrészt egy közel 60 melléklet biztosító (hagyományos analóg, illetve IP-telefonokat alkalmazó) telefonközpont, valamint egy hasonló méretű számítógép-hálózat, amely lehetőséget kínál a felhasználók számára a Honvédelmi Minisztérium saját hálózatának, valamint az internet elérésére is, az adminisztrátorok által kiosztott jogosultságoknak megfelelően. A misszióban szolgálatot teljesítő katonának ez által eléri az internetet is, így például a családjukkal is, szeretteikkel is fel tudják venni a kapcsolatot. Érdemes megemlíteni, hogy az állomások feladatait segítve, a rendszeresített eszközöket egy önálló raktárkonténerben tárolják. Az úgynevezett raktárkonténert a komplexum telepített helyzetében összekötik a HIK-konténerrel, például annak tűz- és behatolási riasztórendszerére is csatlakozva.

TECHNIKAI KIVITELEZÉS, FŐBB JELLEMZŐK

A fixen telepített állomásokat szabványos, telepíthető, míg a járműre épített kivitelű HIK/G központokat Rába H-18 vagy Ural-4320 típusú terepjáró gépjármű felépítményeként hordozott konténerekben alakítják ki. Az Ural jármű





2. ábra. Külső csatlakozópanelek a HIK-konténeren (A szerzők felvétele)

esetében a jármű gyári eredeti, orosz tervezésű felépítményét; a Rába jármű esetén magyar gyártmányú konténeret alkalmaznak. Az informatikai munkateret a konténerben rendezték be, ezt egészíti ki a vezetőfülke, illetve a Rába járművek esetén egy elkülönített részben kialakított gépezeti tér. Ahogy az a 2. ábrán látható, az állomás belső rendszereihez történő csatlakozás kívülről, a konténer oldalfalain kialakított, funkciók szerint elkülönített víz- és porálló csatlakozópaneleken elhelyezett csatlakozókon keresztül történik. Önálló paneleket alakítottak ki a tápellátás, a műholdas rendszer csatlakoztatására, a telefon- és a számítógép-hálózat, továbbá a minősített csatlakozások számára. A számítógép-hálózatot és a telefoncsatlakozók mindegyikét közeli villámcsapás, elektrosztatikus töltődés elleni túlfeszültség-védelemmel látták el.

A vezetőfülke és a konténer közötti hangkapcsolatot egy erre a célra beépített eszközpár biztosítja. A jármű menet-híradását, illetve a kitelepült egység híradó rendszerébe történő integrálását egy, az MH harcjárműveiben alkalmazott URH harcászati rádió látja el, amelynek kezelőpultja a vezetőfülkében található, de az – akár a konténerben, akár a jármű fixen települt helyzetben történő alkalmazásakor – kábellel elvezetve is alkalmazható.

A gépezeti térbe beépítették a konténeret ellátó fűtő- és klímarendszer berendezéseit, valamint a légszűrő és a túlnyomást biztosító berendezéseket, illetve a külső tápellátáshoz szükséges kábelezést. Az állomás áramellátása alapvetően az alkalmazási hely áramellátó hálózatának felhasználásával történik, de szükség esetére a Rába jármű saját áramfejlesztő generátorral is rendelkezik. A gépezeti térbe beépített 12 kW teljesítményű aggregátor számos katonai eszközt képes ellátni elektromos árammal.

Az informatikai munkateret a klimatizált, hűtött/fűtött konténerben hozták létre. A konténer vegyileg szennyezett területen történő alkalmazás esetére túlnyomásos védelemmel rendelkezik, a beépített eszközök kompromittáló rádiófrekvenciás kisugárzása ellen a Tempest-előírásoknak⁴ megfelelően védett kialakítású. A munkatérben öt, rezgés-csillapítottan rögzített rack szekrényben helyezték el az informatikai rendszer elemeit. Egy rackben a távbeszélő-központ berendezései és saját szünetmentes áramellátása; egy másik rackben a hang- és adatforgalom titkosítására szolgáló eszközök, egy harmadik rackben a műholdas kapcsolatot kiszolgáló berendezések, végül egy önálló rack-szekrényben a külső csatlakozások kezelésére és rendezésére szolgáló eszközök találhatók. A rackszekrények mellett



3. ábra. A HIK-konténer VSAT műholdas antennája (A szerzők felvétele)

kialakítottak egy-egy, a padlóhoz rögzíthető székekkel ellátott híradó, és egy informatikai munkahelyet, amelyek saját intranet, internet- és telefoncsatlakozásokkal rendelkeznek. A rackszekrények és a külső csatlakozófelületek közötti kábelezést – az elektromágneses kisugárzás, illetve a külső zavarok elleni védelemre való tekintettel is – a konténer padozatán és belső falán, fémvázaz kábelcsatornában vezették el. A konténer természetesen saját biztonsági riasztórendszerrel és automatikus tűzoltórendszerekkel rendelkezik. Az anyaországi rendszerekhez történő csatlakozást a konténer mellé telepített parabolaantenna teszi lehetővé. A számítógéphálózat kiszolgálását nyolc darab, önállóan működő, közös menedzsmenttel rendelkező szerver végzi.

A missziós területen telepített komplexum anyaország viszonylatú, nagy távolságú hang- és adatátviteli kapcsolatot alapvetően saját (3. ábra) VSAT⁵ műholdas összeköttetés biztosítja. A VSAT-vevő esetleges meghibásodása esetére egy meleg tartalékként működő második rendszer is rendelkezésre áll. Mindezek mellé a kapcsolat működésének biztonsága érdekében (a rendszer üzemzavara esetére) egy külön InmarSat⁶ rendszert is beépítettek.

A SZOLGÁLTATÁSOK RENDSZERE

A korábban ismertetett technikai kivitelezés után érdemes kitérni a HIK-központok, mint szolgáltatásokat nyújtó állomások főbb részeire. Egy HIK-állomás alapvető funkciói közé sorolhatók a következő szolgáltatások:

- távbeszélő szolgáltatás;
- informatikai szolgáltatás;
- kommunikációs átviteli út biztosítása műholdon keresztül az anyaország felé.

A komplexum alkalmazásával kiépíthető telefonhálózat lelke egy intelligens, Siemens-gyártmányú digitális központi egység. A telefonközpont a HIK-állomás tápellátásáról működik, de szükség esetére, a működőképesség szélsőséges körülmények közötti üzembiztonságának érdekében saját akkumulátoros tápellátással rendelkezik, amely akár több órás önálló működést is lehetővé tesz. A telefonhálózat a hagyományos nyomógombos telefonok mellett ISDN⁷- vagy IP-telefonok, de akár a régi klasszikus LB („kurblis”) analóg távbeszélő készülék használatát is lehetővé teszi az éppen aktuális konfigurációjának megfelelően. A konfiguráció akár helyileg, akár távmenedzsment útján



4. ábra. A HIK/G első változata URAL-4320 hordozón
(A szerzők felvétele)

változtatható. Az alkalmazott IP⁸-telefonrendszer alapvetően PoE⁹ szabványú telefonok használatára épül, amelynek fő előnye, hogy a kábelek végére csatlakoztatott intelligens telefonok külön tápellátási kábelezésére nincs szükség, és ezen telefonok általában egy számítógép (vagy switch) csatlakoztatását is lehetővé teszik. Mindez a telefon- és számítógéphálózat tábori körülmények közötti kiépítését, kábelezésének kialakítását jelentősen egyszerűbbé teszi.

Az informatikai szolgáltatások területén az aktuális missziós feladatnak megfelelően kialakított funkcionalitású szerverek (e-mail, adatbázis, térkép stb.) külön internet és külön intranet switch-csekre csatlakoznak. Ez a kialakítás információbiztonság szempontjából kiemelten fontos, hiszen a belső intranet és a nyílt internet felé menő adatforgalom ezáltal fizikailag is elkülönül egymástól. A hálózati forgalmat folyamatosan behatolás elleni védelem, és tűzfalak védik. Az informatikai rendszert a biztonsági adatmentések végrehajtására szolgáló backup-egységek egészítik ki. Alkalmazzák a NATO Tempest-előírásainak megfelelő kivitelezésben beépített – hálózati titkosító – eszközöket is, amelyek a belső, védett informatikai rendszert akár a nyílt interneten keresztül is képesek összekötni az anyaországi védett hálózattal. A teljes informatikai rendszer távmenedzsment útján, az internetes kapcsolat vagy a saját műholdas kapcsolat felhasználásával is felügyelhető és menedzselhető.

Az anyaország felé történő VSAT műholdas kommunikációs kapcsolat adatátviteli sávszélessége a beépített műholdas kapcsolat használata esetén 2 Mbit/sec. A VSAT rendszer a távbeszélő-rendszerhez és az informatikai rendszerhez is csatlakozik. A műholdas kapcsolatokon keresztül a misszióban telepített HIK-állomás teljes informatikai rendszerének távmenedzsmentje is megvalósítható. Külön érdekességként érdemes megemlíteni, hogy a gépjárműre épített HIK/G állomások esetében a kezdetektől fogva követelményként fogalmazódott meg, hogy azokra a már rendszeresített gépjárműbe vagy páncélozott harcjárműbe épített mozgó harcvezetési pontok is csatlakozni legyenek képesek, és igénybe tudják venni a HIK-központ nyújtotta szolgáltatásokat. E célra az informatikai csatlakozótáblába hat speciális csatlakozót építettek be. A csatlakozás eredményeként, az odakapcsolt járművek erőforrásai (például az azokba beépített rádiók és számítógépek) a HIK felhasználói számára funkcionálisan rendelkezésre állnak.

GYAKORLATI ALKALMAZÁS, A MÚLT ÉS A JÖVŐ

A HIK-járműveket általában a lövészászlóaljknál alkalmazzák, noha a jármű által nyújtott képességek és lehetőségek akár egy egész dandárnyi erő teljes kiszolgálására is alkalmasak lennének. Tényleges alkalmazása a hazai gyakorlatokon és a külföldi missziókban egyaránt rendszeresen megvalósul, a gyakorlati kiépítésben és a rendszerek használati módjában nincs érdemi különbség a hazai, illetve külföldi műveleti területen történő alkalmazás között. [6]

A híradó-informatikai központ konténerek kialakítása és alkalmazása már a 2000-es években megkezdődött. A 2010-es években megvalósított, missziós szerepvállalás kiszolgálását végző HIK/G konténer első változatát egy URAL-4320 hordozóra építették (4. ábra), míg az egykori magyar KFOR misszióban fixen telepített konténert alkalmaztak (5. ábra).

Az elektronikai eszközök mindennapi életben is tapasztalható fejlődésének köszönhetően, azok fizikai mérete egyre kisebb lett az általuk nyújtott szolgáltatások szintjének emelkedése mellett is. Így a telepített konténerek, illetve a HIK/G által nyújtott funkcionalitások megvalósításához ma már nincs szükség egy járműre épített, konténernyi méretű térbe építendő eszközparkra. A legújabb HIK-verziókban az eszközöket műanyagból készült, környezeti hatások ellen védett, strapabíró, nagy méretű, de könnyen hordozható Pelicase¹⁰ ládába építették be, így a teljes rendszer (vagy a feladatnak megfelelően annak csak egyes, a tervezett feladatok végrehajtásához szükséges elemei és tartozék anyagai) könnyen szállíthatók, mozgathatók és telepíthetők.



5. ábra. BHIK Koszovóban, a pristina Slim Lines táborban
(A szerzők felvétele)

6. ábra. A HIK/S rendszer egyik ládájának elő- és hátoldala
(A szerzők felvételei)



Ez a típusú komplexum a HIK/S nevet kapta. A 6. ábrán látható HIK/S modulkészlet – elődeihez hasonlóan (a követelményeket tekintve) – alapvetően műholdas átviteli út felhasználására készült, minősített hang-, fax- és adatátviteli szolgáltatásokkal, továbbá helyi telefon- és számítógéphálózatok kiszolgálásának képességével. A központok használatára alapuló rendszer ugyanakkor lehetőséget ad (a beépített hálózati titkosító eszközök alkalmazásával) minősített információk fogadására, tárolására, feldolgozására és továbbítására. Jellemzően jelentős távolságra lévő végpontokra kell számítani, épp ezért a biztonságosnak mondható információcseréhez optikai szálakat alkalmaznak. Látványos példaként említhetjük az Immediate Response 2016 gyakorlatot, amelyen alkalmazták a rendszert. A helyszínen a Magyar Honvédség állománya is tesztelte a HIK/S komplexumot, amely a 21. század elvárásainak megfelelő híradó-informatikai támogatást nyújtó tábori hírközpontnak bizonyult. [7]

ÖSSZEGRZÉS

A híradó-informatikai központok által megvalósított képességek felhasználása nélkülözhetetlen a modernkori katonai műveletekben. Funkcionalitásukból eredően a Magyar Honvédség rugalmasan alkalmazhatja azokat a jelenkori és jövőbeli infokommunikációs igények kiszolgálása érdekében. Ezen infokommunikációs állomásoknak fontos szerepe van a digitális C2 rendszer üzemeltetése, és fejlesztési kérdéseinek vonatkozásában is. Legyen szó interoperabilitási vagy egyéb hálózat alapú műveleti képességről, a híradó-informatikai konténerek fejlesztésének minden szükséges igényt követnie szükséges. A nemzeti és a NATO-szövetségi célok megvalósulásának lényegi ismérve az infokommunikációs képesség rendelkezésre állása, tehát mindenképpen gyors és hatékony infokommunikációs rendszerek kiépítése, működtetése és megóvása a cél. A Magyar Honvédség szolgálatában álló HIK konténerek többféle típusa végzi a modernkori igényeknek megfelelő feladatait az állandó és tábori telepítésű műveleti környezetben.

7. ábra. A HIK-konténer gyakorlati kiépítése és alkalmazása [8]



HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] NATO: AAP-06 Edition 2021 Glossary of terms and definitions;
- [2] Szabó András. Az információs hadviselés és a hadtudomány, 1998, Magyar Hadtudományi Társaság *Hadtudomány*, VIII. évfolyam, 4. szám;
- [3] Gerőfi Szilárd. A Magyar Honvédség vezetéstámogató rendszere alkalmazásának lehetőségei a XXI. századi kihívások tükrében *Hadtudomány* 27. évf. 3–4. szám (2017) pp. 96–105. <http://doi.org/10.17047/HADTUD.2017.27.3-4.96>;
- [4] HM ArmCom: Híradó Informatikai Központ (HIK), <https://www.armcom.hu/-hirado-informatikai-kozpont-hik-1881> (Letöltve: 2022.9.10.);
- [5] Dóczy István, Szilák Zsolt. „Új képességet kapott a Magyar Honvédség” *Haditechnika* 56. évf. 1. szám (2022): 60–63. <https://doi.org/10.23713/HT.56.1.12>;
- [6] Smidróczki Róbert. „Minden zöld”, <https://honvedelem.hu/hirek/minden-zold.html> (Letöltve: 2022.9.15.);
- [7] Vizinger Diána. Ünnepi állománygyűlés a híradók napja alkalmából <https://honvedelem.hu/hirek/hazai-hirek/unnepi-allomanygyules-a-hiradok-napja-alkalmabol.html> (Letöltve: 2022.9.12.);
- [8] Sárkány Beáta. Nemzeti CREVAL ellenőrzésen az MH közepes dandár törzse, 2021. <https://honvedelem.hu/hirek/nemzeti-creval-ellenorzesen-az-mh-kozepes-dandar-torzse.html> (Letöltve: 2022.9.20.).

JEGYZETEK

- 1 Az első fixen telepített HIK-konténert Boszniában alkalmazták béketámogató céllal, innen származik a B, mint boszniai HIK elnevezés. A hosszú szolgálati időre kitépelt kontingenst állomáshelyén használták.
- 2 A „/G” a katonai terminológiában a gépkocsira épített eszközök jelzése. A Magyar Honvédség nagyrészt Ural–4320 és Rába H–18 terepjáró gépjárműveket alkalmaz, de a konténerek bármilyen jármű igénybevételét lehetővé teszik.
- 3 A HIK/S tervezése eredetileg hivatalosan az iraki „Sivatagi róka” nemzetközi művelet néven indult. Ennek rövidítéseként, a már megszokott elnevezéseket követve alkalmazták az „/S” jelzést, ami utalhat a sátras környezetben történő üzemeltetésre is. A HIK/S megvalósítására az újabb, rövid missziós alkalmazások céljából került sor, mert alkalmazásával nincs szükség szállítójárműre.
- 4 A Tempest kezdete az 1960-as évekre nyúlik vissza, amikor az USA Nemzetbiztonsági Ügynöksége (NSA – National Security Agency) különböző elektronikai berendezések által kibocsátott jelek elfogására, és az azokból történő adatviszafejtés érdekében végzett kísérleteket. Kezdetben a távközlési berendezésekre fókuszáltak, azonban mára kiszélesedett az adatvédelmi technológia alkalmazása. A Tempest tehát egy vizsgálat fedőneve, amely során a különböző elektronikai adatfeldolgozó egységek kisugárzását és az adatok visszanyerhetőségét elemzik. A Tempest-mérést és a biztonsági zónába sorolást Magyarországon a Nemzeti Biztonsági Felügyelet végzi a 161/2010. (V. 6.) Korm. rendelet alapján. (A szerk.)
- 5 Very Small Aperture Terminal (VSAT) – nagyon kis antennafelületű terminál.
- 6 Az InmarSat egy egyszerű, széles körben használt civil, műholdas telefonrendszer, amely a VSAT rendszer mellett vész tartalék megoldásként alkalmazható.
- 7 Integrated Services Digital Network (ISDN) – Analóg telefonvonalon keresztüli digitális adatszolgáltatás.
- 8 Internetprotocol (IP) – Internetprotokoll.
- 9 Power over Ethernet (PoE) – Ethernet kapcsolaton történő tápellátás.
- 10 A Pelicase ládacsaldár darabjai polipropilén műanyagból készül, szivaccsal kitöltött, törés- és vízálló, gyakran kerekekkel is ellátott univerzális hordozóládák.

A Protar légvédelmi célrepülőgép fejlesztése Magyarországon

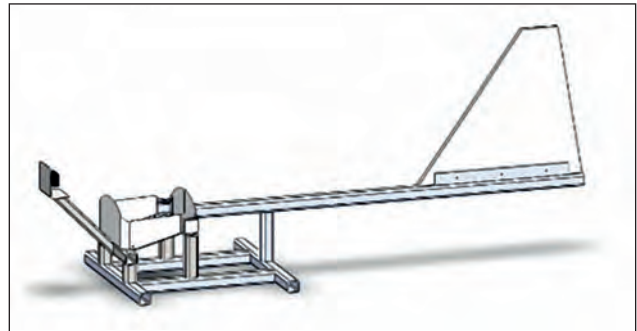
III. rész



39. ábra. Katapulton a Protar. Felszállásra előkészítve, üzem közben (Fotó: Nagy Attila)

A tanulmány első és második része⁸ Magyarországon a Magyar Honvédség Modernizációs Intézet felügyelete alatt, a Rotors&Cams Zrt. és a Genevation Aircraft Kft. konzorciális együttműködése keretén belül zajló, egyedülálló Protar T-UAV (Target-Unmanned Aerial Vehicle) légi jármű fejlesztésének időszerűségét, a tervezés főbb aspektusait és a repülőgép általános kialakítását, valamint a rendszer elemeit mutatta be. A szerzők a befejező részben a berepülés és az indítóberendezés (katapult) publikus információit ismertetik, és bemutatják a fejlesztés legizgalmasabb pillanatainak számító tesztrepüléseket is.

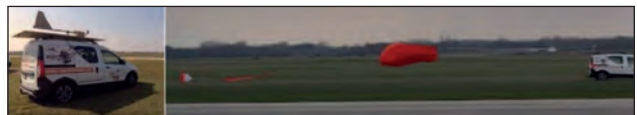
Rendkívül fontos mozzanat volt, hogy a Protar törzsébe történő integrálás és kipróbálás előtt a visszatérítő rendszer működését is validáljuk, hiszen a légi jármű stabil földet érését egy ejtőernyő biztosítja, így a leszállás során nincs szükség speciálisan előkészített területre vagy kifutópályára. Az ejtőernyő célja, hogy a leszállási eljárásnak megfelelő magasságon és sebességen aktiválva, a Protar az előre kijelölt területen, sérülés nélkül érjen földet. Az ejtőernyő, és a leszállító berendezés kiszolgáló komponenseinek tesztelését is külön eljárás során végeztük el. Első körben meggyőződünk arról, hogy a kifejlesztett ejtőernyő megfelelő sebességgel és 100%-os megbízhatósággal képes kinyílni, a vészhelyzeti túlterhelés esetén is üzembiztos, és a tervezett süllyedési sebességet nem lépi túl ereszkedés közben. A tesztek során, egy erre a célra lezárt területen ejtőernyővel, szenzorokkal és adatgyűjtő berendezéssel ellátott homokzsákokat dobtunk ki pilóta nélküli, és pilótás légi járművekből. A későbbi fázisban a leszállító berendezés komplex analizisét folytattuk le, amelynek során azt vizsgáltuk, hogy az ejtőernyő az ernyőfészket milyen módon hagyja el, és azt követően hogyan töltődik fel levegővel. Ennek érdekében megépítettük a Protar légi jármű szerkezeti modelljét az ernyőfészkekkel, az ernyőfészkekfedél-nyitószerkezettel, és az ernyőnyitás útjá-



40. ábra. A Protar leszállító berendezésének tesztmodellje (Forrás: dr. Farkas Csaba szerkesztése)

ban álló függőleges vezérsíkkal, amelynek számítógéppel készült CAD-modellje a 40. ábrán látható.

A földi szimulációk során azt vizsgáltuk, hogy a tervezett leszállósebességnél az ernyő és az ernyőzsák milyen gyorsan hagyja el az ernyőfészket, a légijármű-testre ható erők csökkentése érdekében alkalmazott ernyőhajtogatósi módszer mennyire képes lassítani az ernyő belobbanását, és a folyamat kezdeti fázisában az ernyő képes-e akadálymentesen elhaladni a függőleges vezérsík mellett. A nyitási kísérleteket egy gépjármű csomagtartójára szerelt szimulált környezetben végeztük el, zárt területen. (41. ábra) Az elemzések lebonyolítása során a személyi és anyagi biztonságot helyeztük előtérbe, ezért sok esetben maga a tervezési fázis és az előkészítő tevékenység is jelentős erőforrásokat kötött le.



41. ábra. A Protar ejtőernyőrendszerének földi nyitási tesztje (Fotó: Nagy Attila)

A PROTAR SZÜZFELSZÁLLÁSA

A repülőgép szüzfelszállását megelőző hetek további biztonságirendszer-tesztelésekkel teltek. A folyamat protokoll alapján, egy megszerkesztett berepülési program szerint haladt előre. Végül 2021 nyarán jött el a nap (42. ábra), amelyet mind a fejlesztők, mind a megrendelői oldal nagyon várt. Több mint másfél évnyi tervezői munka, gyártás és földi tesztelés után a Protar a levegőbe emelkedett. Egy

* A Protar-fejlesztés felelős tervezője, Genevation Aircraft Kft. Műszaki igazgató. ORCID: 0000-0001-9564-8026

** A Protar-fejlesztés felelős tervezője, Rotors&Cams Zrt. Műszaki igazgató. ORCID: 0000-0002-7398-7112

*** Órnagy, Protar projektvezető, MH Modernizációs Intézet. ORCID: 0000-0003-0982-1721



repülőgép építése során az első repülés mindig különleges alkalom, amely ugyanakkor komoly aggodalommal is együtt jár. Egy légi jármű megalkotása olyan terület, ahol a prototípus-fejlesztés esetleges, a legtöbb esetben előre nem látható „hibái” hamar kiderülnek, és ennek eredménye szélsőséges esetben a gép sérülésével vagy elvesztésével is járhat. Annak ellenére, hogy a fejlesztésben részt vevő cégek és szakembereik komoly referenciákkal rendelkeznek, a Protar paramétereivel rendelkező T-UAV fejlesztésére Magyarországon még nem volt példa⁹. Nem állt rendelkezésre „best practice”, tehát egy olyan gyári protokoll, amelyhez igazodni lehetett volna. A fejlesztők csupán egyéb kategóriában szerzett légi jármű-tervezési, -gyártási, és -üzemeltetési tapasztalataikat hasznosíthatták. A helyzetet kissé bonyolította, hogy a berepülések első fázisában még nem állt rendelkezésre földi telepítésű indítóállomás (katapult), így a fejlesztőcsoport arra kényszerült, hogy a légi jármű levegőbe juttatására ideiglenes módszert dolgozzon ki.

Az első indítások kis hatótávolságú repülések voltak. Először céljuk a repülőgép alapvető viselkedésének felmérése, és a Protar optimalizálása volt a berepülési programban meghatározott feladatok alapján.

A berepülési program az alábbi fontosabb elemekre terjedt ki, amely feladatok végrehajtása logikai rendszer és repülésbiztonsági rendezővel sorozata alapján épült fel:

- Földi program keretében:
 - o a meghajtás, a vezérlés és a navigációs rendszerek földi ellenőrzése,
 - o a kormánykitérések ellenőrzése,
 - o hajtóműjáratási teszt,
 - o tömegmérés, súlypont-meghatározás,
- Légi program keretében:
 - o 1. fázis: a légi jármű repülési jellemzőinek megismerése, rendszerkalibráció:
 - a folyamat keretében a repülési tömeget, a sebességet, a terhelhetőséget, a szélsősebesség nagyságát, a repülési magasságot és a hatótávolságot korlátozzák;
 - főbb feladatok: a felszállási karakterisztika megismerése, emelkedés, vízszintes repülés, süllyedés, trimm helyzetek, gyorsítási jellemzők, rendszerkalibrációk, a hajtómű levegőellátásának vizsgálata, a hűtés hatásának elemzése, a duplex adatkapcsolatok vizsgálata, kis sebességű ($v < 120$ km/h) repülési jellemzők vizsgálata, átesés, lebillenési hajlamok vizsgálata és alapvető stabilitási tesztek.

42. ábra. A Protar első sikeres leszállása a belobbant visszahívó ernyőrendszerrel (Fotó: Nagy Attila)



- o 2. fázis: a teljesítmény-jellemzők megismerése:
 - a folyamat keretében a repülési tömeget, a sebességet, a terhelhetőséget, a szélsősebesség nagyságát, a repülési magasságot, a hatótávolságot még korlátozták, de a határok ~ 30%-kal kitolódtak;
 - főbb feladatok: repülés különböző hajtómű-teljesítmények mellett, úgymint utazó-, optimális, gazdaságos és maximálteljesítmény; az emelkedési idő mérése, a kifogyaszthatatlan tüzelőanyag mennyiségének mérése.
- o 3. fázis: a repülési korlátok feloldása:
 - ebben a szakaszban a légi jármű határértékeinek vizsgálata zajlott; a maximális terhelhetőség, a sebesség és a szélső szélhatások elemzése, valamint a fedélzeti robotrendszer alkalmazási tesztjei.
- o 4. fázis: a földi indítóberendezés (katapult) rendelkezésre állását követően vált lehetségessé, ezen tesztek egy része még napjainkban is zajlik. A napjainkban is tartó vizsgálatok többsége már nem közvetlenül a légi jármű-megfelelőség vizsgálatához tartozik, hanem a katonai alkalmazhatóság és felhasználás optimalizálása a célja.

A PROTAR INDÍTÓBERENDEZÉSE, A KATAPULT FŐBB JELLEMZŐI

Egy személyzet nélküli repülő eszköz (UAV – unmanned aerial vehicles) indítása és földre történő visszatérése az eszköz üzemeltetésének legkritikusabb és legkockázatosabb szakasza. A legnagyobb merevszárnyú UAV-k esetében ezek a műveletek szilárd burkolatú pályán, előkészített talajon vagy repülőgép-hordozó fedélzetén kialakított, megfelelő hosszúságú kifutópályáról történő felszállásra és leszállásra korlátozódnak. Amennyiben erre nincs lehetőség, speciális indítóberendezés, katapult alkalmazása válik szükségessé a felszállási művelet végrehajtásához.

Az UAV-katapultok általában gumiköteles, pneumatikus, vagy hidraulikus elven működnek. A pneumatikus katapult sűrített levegőt vagy más gázokat használ az indítóbolcső, más néven a katapultkocsi felgyorsítására. A gáz nyomás alá helyezéséhez kompresszorral, nagy méretű légtartályokra van szükség, ez a szerkezet alkalmazásának korlátozásával jár, alacsony környezeti hőmérséklet esetén nagy a jegesedés veszélye, valamint a rendszer ismételt kilövéshez történő feltöltése hosszabb időt vesz igénybe. A hidraulikus UAV-katapultok kétrekeszes hengert használnak, amelyek olajat és összenyomható gázt tartalmaznak, dugattyúval szeparálva. Az olaj szivattyúzásakor a dugattyú összenyomja a gázt, amely energiát tárol az UAV indításához. A pneumatikus katapultokhoz hasonlóan a hidraulikus változatok is hasonló hátrányokkal üzemeltethetők, bár itt a rendszer méretei némiképp csökkenthetők. A gumiköteles UAV-katapultok egyszerűbbek, mint az előzőek, ezeknél a gyorsítási folyamat során a rugalmas kötéletben tárolt energiát használják fel. A gumikötélzet általában kézzel vagy elektromos motorral feszíthető. A legolcsóbb és legegyszerűbb megoldás a gumiköteles rendszer, amely egyszerűsége ellenére a rendszer hatóságának korlátai miatt csak a kisebb UAV-k esetében terjedt el. A gumikötél a hőmérsékletváltozásra érzékeny, nehéz állandó gyorsítási energiát kinyerni belőle, valamint a nagy tömegű és felszállósebességű légi járművek indítása körülményes.

A Protar légi járművek levegőbe juttatásához ezen a területen új, innovatív gyorsítási eljárást választottak és fejlesztettek ki. Az alapelv az elektromos mobilitás területén



43. ábra. A Protar indításához használt katapult (Fotó: Nagy Attila)

már használatos: a gyorsításhoz szükséges energiát elektromosan nyerjük. (43. ábra)

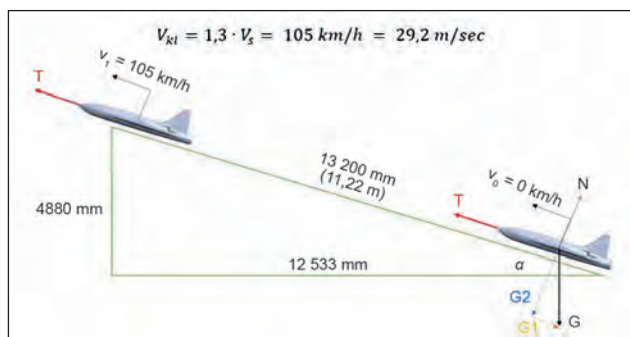
A legfontosabb paraméterek és műszaki követelmények, amelyek miatt szakember kollégáimmal a szokványos eljárások helyett az újítás mellett döntöttünk, a következők:

- nagy felszállósebességű UAV indítása;
- későbbiek során, különböző méret- és sebességtartományba tartozó lehetséges más típusú UAV-ok indítása;
- kompakt szerkezet, rövid indítósn;
- környezeti hőmérsékletre nem érzékeny kivitel;
- gyors üzembe helyezés;
- azonnali kilövésisméltés;
- szélirányba forgatható;
- könnyen szállítható kivitel;
- hosszú élettartam;
- valamint alacsony karbantartási és üzemeltetési költségek.

A Protar célrepülő rendszer fejlesztésének megkezdésekor kulcsfontosságú elemként definiáltuk a könnyen mobilizálható, egyenetlen talajon telepíthető, széliránynak megfelelően forgatható és kedvezőtlen környezeti viszonyok mellett is üzemeltethető katapultot. A katapult tervezését azonban, a fenti követelményeken túl, egy olyan paraméter határozta meg leginkább, amely szerint a kilövési folyamat végén, a katapult elhagyásakor az UAV sebességének legalább $1,3 \cdot V_s$ -nek kell lennie a biztonságos elemelkedés érdekében, szélcsendre vonatkoztatott esetben. (44. ábra)

A fenti követelmények és paraméterek elérését leginkább az elektromotoros gyorsítás esetében láttuk megva-

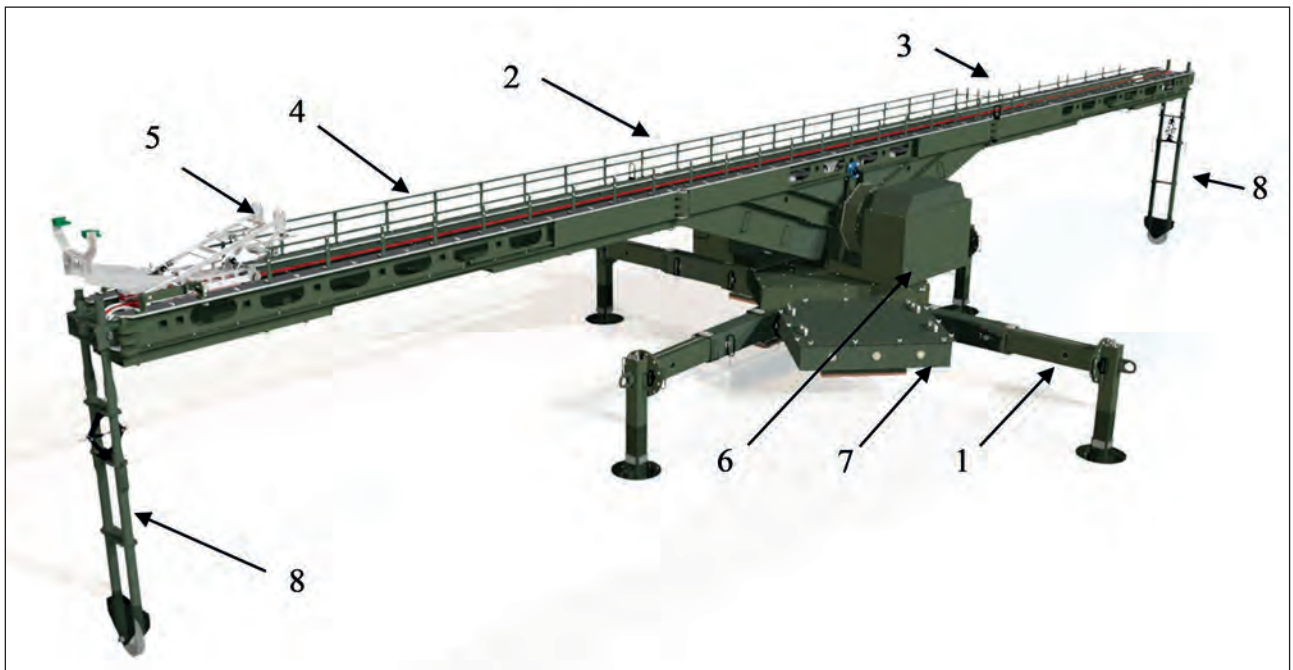
44. ábra. A Protar-indítás erőviszonyai minimumsebesség és szélcsend esetén (Forrás: dr. Farkas Csaba szerkesztése)



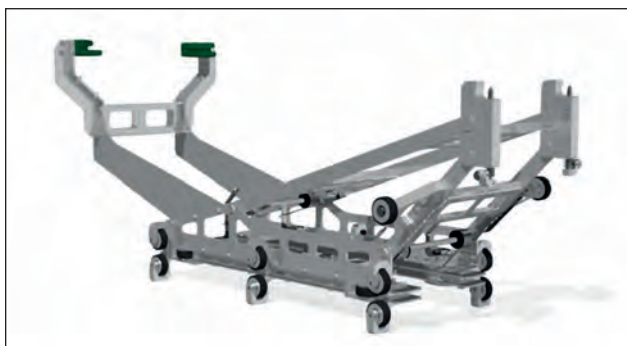
lósíthatóknak, a számítások azonban már a kezdeti stádiumban rávilágítottak a fejlesztés egyik legnagyobb kihívására, amely szerint a katapultkocsit és ezzel a légi járművet kevesebb mint fél másodperc alatt kell felgyorsítani a kívánt felszállósebességre. Ez a hajtás és a táprendszer oldalon is kihívás elé állította a fejlesztő csapatot, hiszen ezen a területen nemzetközi viszonylatban sem volt felhasználható tapasztalat.

A katapult akkumulátoros táplálású, szervomotoros hajtásra épülő gyorsítási eljárás alapul oly módon, hogy a gazdaságos üzem rekuperáció is támogatja. Az indítóberendezés a katapultkocsin rögzített UAV-t elektromos szervomotorral gyorsítja fel 105 km/h sebességre. A gyorsításhoz szükséges nyomatékot, így a gyorsító erőt az elektromotor egy hajtóművön keresztül adja át a katapultkocsi mozgó szíjhajtás hajtott kerekére, ami hevederrel kapcsolódik a katapultkocsihoz. A katapult mechanikai szempontból négy fontos részegységből áll (45. ábra). A szerelt alázat biztosítja a katapult stabil talpalását és vízszintezését, a szerelt konzolok az UAV kilövési pályáját állítják be, a katapultkocsi pedig a gyorsítóerő átadásáért, a légi jármű biztonságos kilövéséért felelős. A katapult alacsony súlypontját és ezzel a stabilitását növeli a szerelt alapzatra integrált akkumulátortálcá.

A szerkezeti elemek kialakítása során előnyben részesültek az általános szerkezeti acélok (S235), amelyek megfelelő szilárdságot biztosítanak, jól megmunkálhatók és hegeszthetők. A katapultkocsi és minden mozgó alkatrész kialakítása esetén kiemelt szempont a kis szerkezeti tömeg melletti jó szilárdság, ezért AlZn5Mg3Cu alumínium ötvözetet alkalmaztunk. A szerelt alázat biztosítja a katapultszerkezet biztonságos letalpalását, kialakítása lehetővé teszi az előkészítetlen terepen történő üzemeltetést. A talpak mechanikusan (manuálisan) lenyithatók, nincs szükség a letalpaláshoz elektromos, pneumatikus vagy hidraulikus energiára, a leegyszerűsített szerkezet szavatolja a hosszú élettartamot és a „gondozásmentes” üzemeltetést. A katapultkocsi kialakítása illeszkedik az UAV sárkányszerkezeti kialakításához. A kocsi két erőbevezetési ponton, a törzs első részén adja át a szükséges gyorsító erőt a sárkányszerkezetnek, és további két ponton, hátul a kilépőélen támasztja meg a légi járművet. Az UAV hajtóműve maximális tolóerővel ($F = 400\text{N}$) működik a kilövés során. A légi jármű rögzítését úgy oldottuk meg, hogy az, a megfelelő sebesség elérésekor biztonságosan le tud válni a kocsirol (46. ábra).



45. ábra. Az indítóberendezés műszaki ábrája. 1. szerelt alapzat, 2. szerelt konzol I., 3. szerelt konzol II., 4. szerelt konzol III., 5. katapultkocsi, 6. elektromos szekrény, 7. akkumulátortálcá, 8. nyitást segítő kerekes szerkezet (Forrás: Nagy Attila szerkesztése)



46. ábra. Katapultkocsi (Forrás: Nagy Attila szerkesztése)

A katapulton integrált akkumulátorpakk biztosítja a meghajtó szervomotor számára a szükséges elektromos energiát, amely $U = 560 \text{ V}$ mellett $I = 640 \text{ A}$ leadására képes. Az akkumulátor és az elektromos szervomotor a légi járművet 0,45 másodperc alatt gyorsítja a felszállósebességre. A ka-

tapultkocsi, a gyorsítás során kivett energia egy részét a lassítása során visszatáplálja, így az akkumulátorok töltésére nagyon ritkán van szükség. A katapultkocsi gyorsítását egy aszinkron szervomotor biztosítja. Optimális szabályozási tulajdonságok, nagy forgatónyomaték és dinamika jellemzi ezeket a szervomotorokat, amelyek tökéletesen illeszkednek a katapult speciális alkalmazási körülményeihez. A szervomotorok vezérlését egy integrált ipari számítógép végzi, amelynek segítségével nemcsak a kilövési sebesség, de a gyorsítás karakterisztikája is rugalmasan paraméterezhető. (39. ábra)

A katapult az elektromos hajtáslánc és akkumulátoros táplálás eredményeként – a gumiköteles, a hidraulikus és a pneumatikus indítási eljárásokkal ellentétben –, rövid időn belül, nagyságrendileg 1 perccel a kilövést követően képes újabb légi járművet indítani. Ezt az időt csak a légi jármű felhelyezése és felkészítése növelheti. Ezzel a paraméterrel az indítóberendezés a használhatóság szempontjából jelentősen kiemelkedik a szokványos katapultok közül, főleg olyan alkalmazások esetén, mint a Protar légvédelmi célre-

47. ábra. A katapult szállításra előkészítve (Fotó: Nagy Attila)



pülógép-rendszer, ahol egymást követően több légi jármű kerül indításra.

A katapult további előnye a 360°-os forgathatóság. Amennyiben üzem közben megváltozik az uralkodó szélirány, a kilövési pálya iránya könnyedén módosítható. A szállíthatóság terén is minden lehetséges tervezési praktikat bevetetünk, hogy a szállítási méret töredéke legyen az üzeminek (47. ábra).

A tervszerű, tudatos előkészítés és fejlesztés eredménye egy nemzetközi viszonylatban is különleges indítóberendezés lett, amely a Protar légvédelmi célrepülógépek kiszolgálásán túl, lehetőséget biztosít a jövőben más típusú pilóta nélküli légi járművek indítására is.

ZÁRÓ GONDOLATOK

A Protar és a hozzá tartozó háttérműködési infrastruktúra fejlesztésének sikere hazai vállalatok sikeres együttmű-

ködése révén valósult meg, alapvetően magyar szellemi tőke kiaknázása révén, magas hozzáadott értékkel növelve az eszköz presztízsét. A fejlesztők bíznak a termék Magyar Honvédségbe történő integrálásnak lehetőségében, továbbá a jövő távlatában a nemzetközi felhasználás sikerében.

JEGYZETEK

8 Dr. Farkas Csaba, Nagy Attila, Csák Attila, „A Protar légvédelmi célrepülógép fejlesztése Magyarországon I. rész” *Haditechnika* LVI. évf. 3. szám (2022): 41–49. DOI: 10.23713/HT.56.3.08; II. rész: *Haditechnika* LVI. évf. 4. szám (2022): 65–72, DOI: 10.23713/HT.56.4.11.

9 A korábbi Szojka típus a felszállótömegét tekintve meghaladta a Protar azonos paraméterét, azonban sebességben messze elmaradt a jelenlegi géptől. Hasonló okból a Denevér sem tekinthető kiindulási alaphoz, valamint az csak személyzettel repült. A Meteor típusok tömegükben és sebességükben is elmaradnak a Protartól.

Magó Károly

Emlékkönyv – Mi-8 – Búcsúznak a katonák a Mi-8 helikopterektől

Mi-8 Memory Book – Troops say farewell to the Mi-8 helicopters



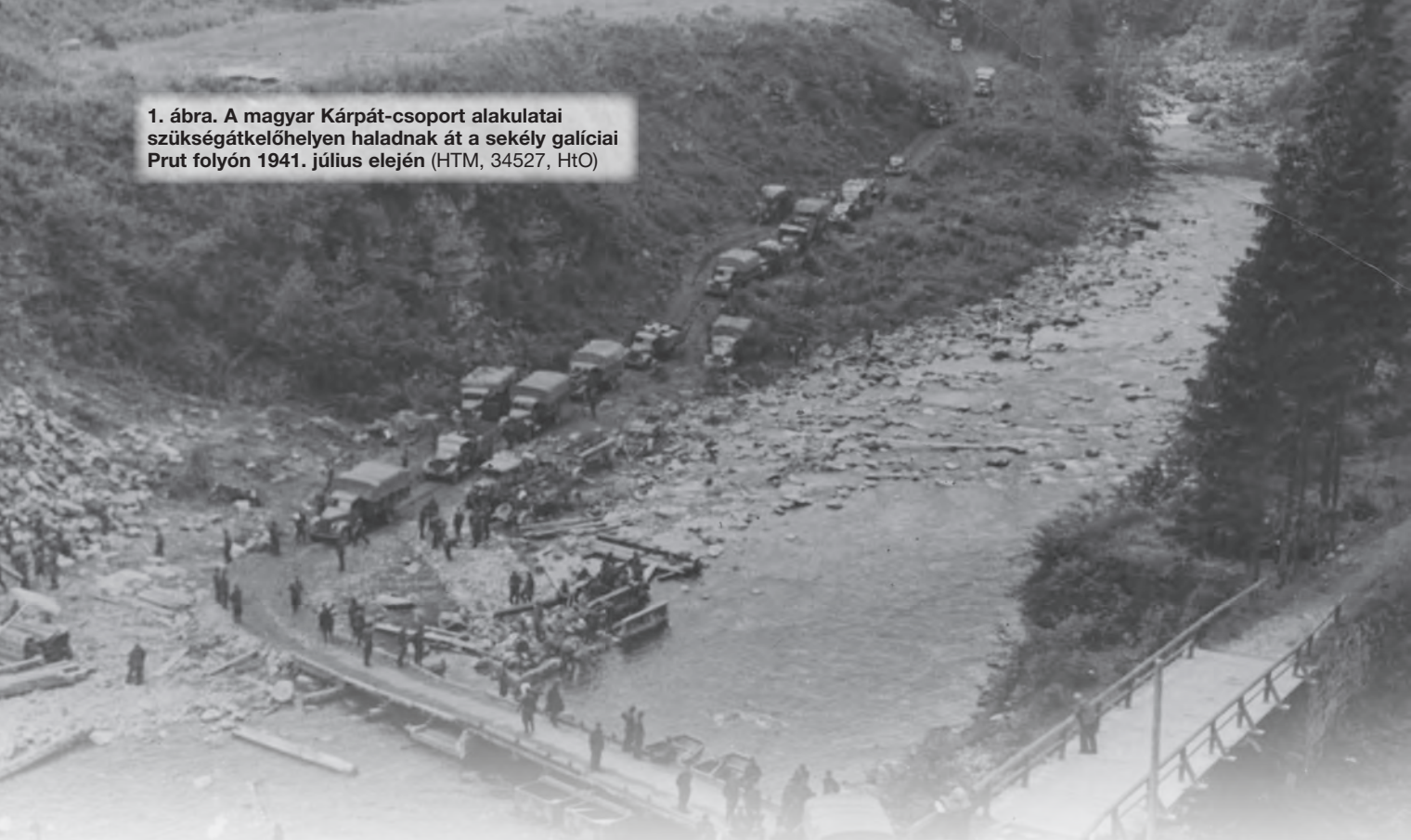
A Mi-8 (NATO-kód: Hip) szovjet-orosz gyártású, közepes szállító helikopter, amelyet a Mihail Leontyjevics Mil vezetése alatt álló OKB-329 tervezőirodában fejlesztettek ki polgári és katonai feladatokra. A Mi-8 típus sorozatgyártása 1967-ben kezdődött, és azóta több mint 7000 példány készült el. A szovjet légierő és a Varsói Szerződés tagállamainak hadseregei is széles körben alkalmazták a típust, hiszen nemcsak katonák és utánpótlás szállítására, de nem irányított rakétáival közvetlen tüztámogatásra is képes volt. Bár szállítóhelikopternek tervezték, a hadművelleti alkalmazás során bebizonyította sokoldalúságát. Egyaránt használható harci, kutató-mentő, vagy tűzérési-tűzfelderítő helikopterként is. Külső függesztményrendszere lehetővé teszi nagy méretű, a teherterben el nem helyezhető, akár 3 tonnás terhek emelését, szállítását. A helikoptertípus az évtizedek során számos módosításon, fejlesztésen ment keresztül, amely nyomán egy szerteágazó funkciójú típuscsalád jött létre. A Szovjetunió afganisztáni háborújának tapasztalatai alapján jelent meg a Mi-8 MT altípus, amelynek exportra gyártott változata a Mi-17 típusjelzést kapta. Kategóriájukban a Mi-8/17 helikopterek sikeres és elismert konstrukciók, a világ mintegy 80 országában mind a mai napig alkalmazásban állnak katonai és polgári változatban egyaránt. A magyar haderőben 1969–2022 között, tehát 53 évig összesen 62 db Mi-8 típusú helikopter szolgált.

A „Minyó” becenevű géptípustól 2021. március 26-án országjáró búcsúrepülés keretében köszöntek el egykori üzemeltetői és hajózoói. A szakma az MH 86. Szolnok Helikopter Bázis állományában szolgáló 3304-es oldalszámú helikopterrel búcsúztatta a típust. Azon a napon a személyzet a szolnoki katonai repülőtérrel indulva ellátogatott az MH Pápa Bázisrepülőtérre, az egykori szentkirályszabadjai katonai repülőtérre és a kecskeméti MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülőbázisra is.

2022 júniusában nemcsak kőbe vésték a „Minyó” emlékét a helikopterbázis területén elhelyezett márványtáblán, hanem egy emlékkötet is megjelent Magó Károly zászlós, repüléstörténeti kutató tollából. A magyar–angol kétnyelvű kötet olyan, mint egy búcsúrepülés utáni állománygyűlés: a típus hazai üzemeltetésének történeti áttekintését követően a Mi-8-sal kapcsolatos felejthetetlen eseményeket idézik fel azok a katonák és szakemberek, akik mindezt megélték. Az emlékkönyv végén felvarrók és fényképek sorakoznak, amelyek mind-mind egy izgalmas korszakról tanúskodnak.

A Zrínyi Kiadónál 2022-ben megjelent, kétnyelvű (magyar–angol), kartonált fedelű kötet terjedelme 312 oldal. 6400 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, illetve közvetlenül a kiadótól helyszíni kedvezménnyel 4800 Ft-ért. Cím: 1024 Budapest, Fillér utca 14., (tel.: 06 1-459-5373, e-mail: cinti@hmzrinyi.hu), továbbá megrendelhető a shop.hmzrinyi.hu weboldalon is. (DRU.)

1. ábra. A magyar Kárpát-csoport alakulatai szükségátkelőhelyen haladnak át a sekély galíciai Prut folyón 1941. július elején (HTM, 34527, HtO)



Somkutas Róbert*

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

A Prut folyótól a Sztálin vonalig (1941. 06. 22. – 07. 09.)

A BARBAROSSA-TERV ELGONDOLÁSA ÉS VÉGREHAJTÁSÁNAK HELYZETE A KELETI FRONTON

A III. Birodalom 1941. június 22-én hajnalban, 3 óra 15 perckor a páncélos erők és a légi erők nagy tömegben történő alkalmazásával megindította a Barbarossa-terv (Fall Barbarossa) fedőnevű hadműveletét. A célok elérése érdekében a német szárazföldi haderő főparancsnoksága (Oberkommando des Heeres – OKH) három hadseregcsoporthoz alkalmazott az alábbi hadászati csoportosítások alapján.

Az Észak Hadseregcsoporthoz – Wilhelm Ritter von Leeb tábornagy parancsnoksága alatt – a balti államokon keresztül történő előretörést, az ott védő szovjet erők megsemmisítését, majd a balti-tengeri kikötők birtokba vételét követően Kronstadt és Leningrád elfoglalását kapta feladatul.¹ [1]

A Közép Hadseregcsoporthoz parancsnoka Fedor von Bock tábornagy volt. Az irányítása alatt álló csoportosítás feladata a Minszk – Szmolenszk – Moszkva általános irányban történő előrenyomulással a Belorusz SzSZK-ban állomásozó szovjet csapatok megsemmisítése volt. A Leningrád

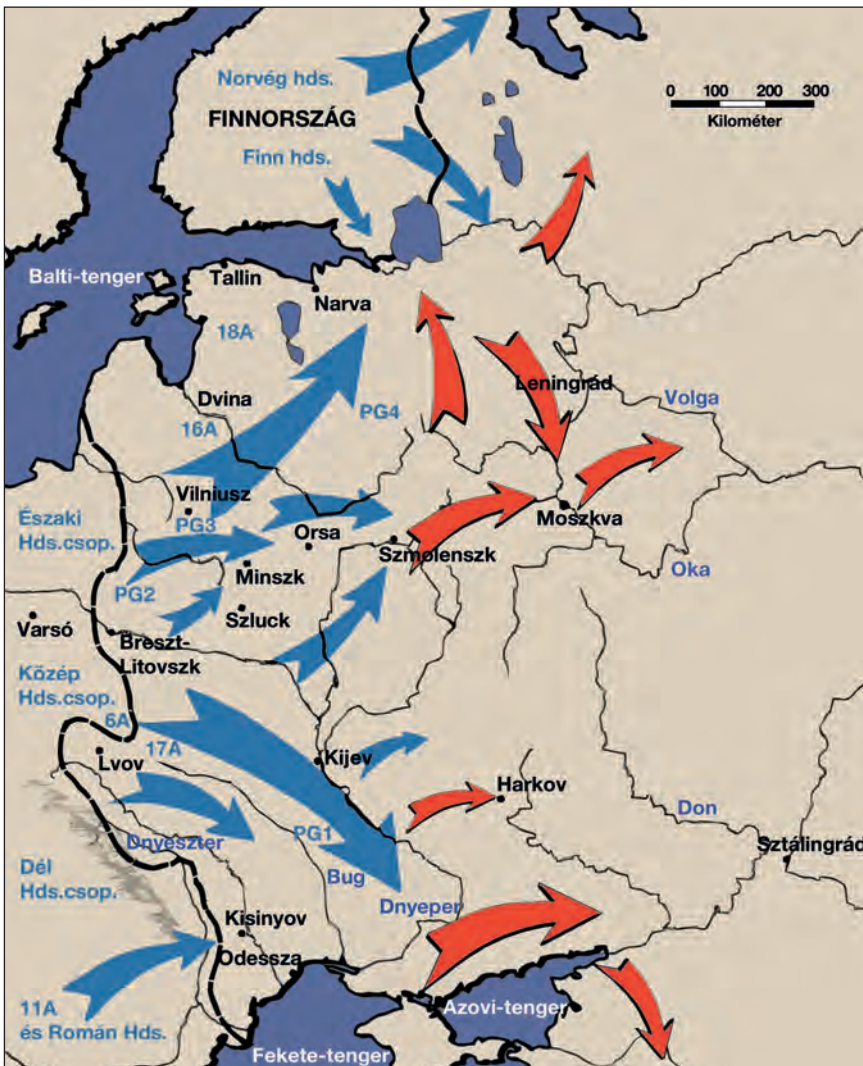
ÖSSZEFOGLALÁS: A Magyar Királyi Honvédség részvétele az 1941. évi Szovjetunió elleni hadműveletben a német Barbarossa hadművelet részét képezte. Az ott harcba vetett, német alárendeltségbe került magyar királyi I. gyorshadtest szervezetében két (páncélozott) felderítő-zászlóalj tevékenykedett. A csapatok tevékenységét az üldözés, illetve a több száz kilométeren keresztül történő, dinamikus tempójú Kelet felé nyomulás jellemezte. A sorozat első része az 1941. június 22. és július 9. közötti eseményeket idézi fel.

KULCSSZAVAK: Magyar Királyi Honvédség, Barbarossa hadművelet, Kárpát-csoport, Gyorshadtest, (páncélozott) felderítő-zászlóalj

ABSTRACT: The 1941 operation of the Royal Hungarian Army against the Soviet Union was part of the German Operation Barbarossa. Two (armored) reconnaissance battalions were active in the organization of the Royal Hungarian I. Rapid Corps, which was put into battle there and was subordinated to the Germans. The activities of the troops were characterized by pursuit and a dynamic push towards the East over hundreds of kilometers. The first part of the series recalls the events between June 22 and July 9, 1941.

KEY WORDS: Royal Hungarian Armed Forces, Operation Barbarossa, Carpathian Group, Rapid Corps, (armored) reconnaissance battalion

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



2. ábra. A Barbarossa-terv. Jelmagyarázat: a kék nyilak a német, a piros nyilak a szovjet haderő mozgását mutatják (Forrás: Wikimedia Commons / HM Zrínyi)

– Moszkva vonalra kiérkezve, az Észak Hadseregcsoporttal együttműködve előbb Leningrádot, majd – a politikai és gazdasági szempontból kiemelt jelentőségű – fővárost, Moszkvát kellett birtokba venniük.^[1]

A Dél Hadseregcsoport – Gerd von Rundstedt tábornagy parancsnoksága alatt – a Kijev és a Dnyeper folyó irányában történő gyors ütemű előretörést kapta feladatul annak érdekében, hogy a folyótól nyugatra védő szovjet csapatokat üldözze, és szétverje. A Dnyeperen történő átjutást követően, a folyó keleti partján, hídfók elfoglalásával további feladatuk a hadigazdasági szempontból jelentős fontosságú Donyec-medence a birtokba vétele volt.^[1]

Bár a középső szakaszon a német csapatok sikeresen nyomultak előre, az északi és a déli hadszíntéren a csapatok előrenyomulása a tervezettnél lassabban haladt. Ennek oka a vártnál erősebb szovjet ellenállás, valamint az utak és a terep járhatóságát erősen befolyásoló esős időjárás volt.

A német oldalon a tervezettnél kevesebb erő állt rendelkezésre, mert 1941 márciusában az olasz összeomló északi front megtámasztására öt félig gépesített hadosztályt kellett Észak-Afrikába átdobni. Ez a létszám hiányzott az orosz fronton. A nagy tér és a rendelkezésre álló erők kevésnek ítélt mennyisége arra készítette a német haderő fő-

parancsnokságát (Oberkommando der Wehrmacht – OKW), hogy a tervezettnél jelentősebb erőt igényeljen, és a németekkel szövetséges országokat is jobban bevonja a Szovjetunió elleni háborúba. Így kerültek a látókörbe a Kárpát-csoport alárendeltségében a hadműveleti területen lévő magyar gyorscsapatok is, amelyek addig – a magyar kormány által tett önkéntes vállalás alapján – a magyar vezérkar irányítása alatt harcoltak. Tevékenységüket azonban mindig a német Dél Hadseregcsoporttal koordinálva, azok érdekében hajtották végre.

A KÁRPÁT-CSOPORT KIJUTÁSA A DNYESZTERHEZ – A GYORSHADTEST KIVÁLÁSA

Hitler, a Barbarossa-terv kidolgozásának elrendelésekor nem tartotta szükségesnek Magyarország katonai részvételét. A hadműveletek megindítása előtt több német tábornok is felvetette a Kárpátokban nem alkalmazott erők által kialakuló hadműveleti hézag kérdését. A német politikai vezetés (ellentétben a katonáival) direkt módon nem kívánta a Magyar Királyságot bevonni a szovjetek elleni háborúba, bár az önkéntes felajánlást nem utasították vissza.

Az OKW és az OKH álláspontja eltérő volt. Az OKW tudta, hogy a magyar erők nincsenek megfelelően felszerelve, mert Hitler nem engedélyezett 1941-ben fegyverszállítást Magyarországra. A magyar katonai részvételt végül a június 26-i kassai

bombázás döntötte el, amely kapcsán a kijelölt erők, és a gyorshadtest mozgósítását is elrendelték. A körzetben létrehozott Kárpát-csoport csapatai már június 27-től nyomon követték a visszavonuló, utóvédharcokat folytató szovjet csapatokat, illetve harcban álltak azokkal. [2; 11. o.] A Dél Hadseregcsoport 17. és 11. hadserege közötti hadműveleti hézagban – a német csapatokkal együttműködésben – a Szombathelyi Ferenc altábornagy parancsnoksága alatt harcoló Kárpát-csoport magában foglalta a 8. határvadász és az 1. hegyi dandár mellett az akkori Magyar Királyi Honvédség legkorszerűbben felszerelt kötelékét, az I. gyorshadtestet is.

Július 6-án a Kárpát-csoport csapatai kiérkeztek a Dnyeszterhez. Ezen a napon Németh József vezérőrnagy a német Dél Hadseregcsoportnál lévő összekötő csoport vezetője jelentette Werth Henrik vezérezredesnek, a magyar vezérkar főnökének a német hadseregcsoport parancsnokának, Rundstedt tábornagnak kérését a magyar csapatok további alkalmazását illetően. A német elgondolás szerint a Kárpát-csoportba tartozó 8. határvadász és az 1. hegyi dandár a Kárpátok és a Dnyeszter folyó által határolt területen megszálló csapatként visszamaradna, míg a fő erőt képező gyorshadtest a német Dél Hadseregcsoport alárendeltségében folytatná a hadműveleti tevékenységet.



1. táblázat. A gyorshadtest szervezete és parancsnoki állománya 1941 augusztusában

<p align="center">A magyar királyi I. gyorshadtest-parancsnokság</p> <p>Parancsnok: Miklós Béla vezérőrnagy Vezérkari főnök: Zsedényi Zoltán vezérkari ezredes I./b (Felderítő / elhárító) osztályvezető (ov.): Fülöp József vezérkari százados</p>			<p>A hadtest csak néhány közvetlen alakulattal rendelkezett, ezért alkalmazása során megerősítés kellett a sikeres hadműveleti tevékenységhez.</p>
<p>1. gépkocsizó dandár Parancsnok: Major Jenő vezérőrnagy Vezérkari főnök: Makay-Hollósy Ferenc vezérkari százados 1/b ov: Zentay István vezérkari százados</p>	<p>2. gépkocsizó dandár Parancsnoka: Bisza Ferenc vezérőrnagy, vezérkari főnök 1/b ov: Jászai Ferenc vezérkari százados</p>	<p>1. lovasdandár Parancsnoka: Vattay Antal vezérőrnagy Vezérkari főnök: Simon László III. vezérkari százados 1/b ov: Kozma Ferenc vezérkari százados</p>	<p>Hadtestközvetlen csapatok</p>
<p>1. gépkocsizó zászlóalj Parancsnok: Drexler István százados</p>	<p>4. gépkocsizó zászlóalj Parancsnok: Galetta Emil százados</p>	<p>3. lovas ezred Parancsnok: Pongrácz Pál ezredes</p>	<p>X. közelfelderítő repülőszázad</p>
<p>2. gépkocsizó zászlóalj Parancsnok: Temesvári Gerő alezredes</p>	<p>5. gépkocsizó zászlóalj Parancsnok: Latorczay Lőrinc alezredes</p>	<p>4. lovas ezred Parancsnok: Makay István ezredes</p>	<p>I. gyors tüzérosztály</p>
<p>3. gépkocsizó zászlóalj Parancsnok: Peinlich Béla alezredes</p>	<p>6. gépkocsizó zászlóalj Parancsnok: Keményffy Zoltán I. alezredes</p>	<p>1. lovas páncélos zászlóalj Parancsnok: Révhegyi Ferenc ezredes</p>	<p>I. gyors gépkocsizó légvédelmi tüzérosztály</p>
<p>9. harckocsizászlóalj Parancsnok: Néray Vilmos alezredes</p>	<p>11. harckocsizászlóalj Parancsnok: Hienz József alezredes</p>	<p>13. kerékpáros zászlóalj Parancsnok: Szász Oszkár alezredes</p>	<p>I. gyors híradószázad</p>
<p>10. kerékpáros zászlóalj Parancsnok: Mikófalvy Ferenc alezredes</p>	<p>12. kerékpáros zászlóalj Parancsnok: Horváth Zoltán I. alezredes</p>	<p>14. kerékpáros zászlóalj Parancsnok: Bartha Zoltán alezredes</p>	<p>Megerősítők (a beérkezésük idejével)</p>
<p>1. felderítő-zászlóalj Parancsnok: Baló Zoltán alezredes</p>	<p>2. felderítő-zászlóalj Parancsnok: Zádor Endre alezredes</p>	<p>1. lovas tüzérosztály Parancsnok: Bolner Béla alezredes</p>	<p>VI. kerékpáros zászlóalj. Az 1. hegyidandártól és a VIII. kerékpáros zászlóalj a határvidék alakulatoktól alárendelve.</p>
<p>1. gépkocsizó tüzérosztály</p>	<p>2. gépkocsizó tüzérosztály</p>	<p>1. lovas tüzérosztály Parancsnok: Bolner Béla alezredes</p>	<p>Tüzér Parancsnokság</p>
<p>1. gépkocsizó légvédelmi tüzérosztály</p>	<p>2. gépkocsizó légvédelmi tüzérosztály</p>	<p>1. gépvontatású k. tüzérosztály (gyors tüzérosztály)</p>	<p>V. gyors tüzérosztály (07. 14.) I., V., VIII. gyors légvédelmi tüzérosztály (07. 14.)</p>
<p>1. gépkocsizó utászszázad</p>	<p>2. gépkocsizó utászszázad</p>	<p>1. lovas gépkocsizó légvédelmi tüzérosztály</p>	<p>Repülőparancsnokság</p>
<p>1. gépkocsizó utászszázad</p>	<p>2. gépkocsizó utászszázad</p>	<p>1. lovas utászszázad</p>	<p>Pk.: Orosz Béla alezredes VII. közelfelderítő század: VII. 7–VII. 14. 2/3. vadászszázad: VII. 8–VII. 13. X. közelfelderítő század: VII. 7– VII. 13. A VIII. közelfelderítő század a 1. repülődandár parancsnokság alárendeltje volt.</p>
<p>1. gépkocsizó híradószázad</p>	<p>2. gépkocsizó híradó század</p>	<p>1. lovas híradó század</p>	<p>152. gépkocsizó utász zászlóalj Parancsnok: Nyisztor Sándor alezredes</p>
<p>Dandárvonat</p>	<p>Dandárvonat</p>	<p>Dandárvonat</p>	<p>150. híradó zászlóalj</p>
<p>Dandárvonat</p>	<p>Dandárvonat</p>	<p>Dandárvonat</p>	<p>Hadtestvonat</p>

Július 7-én a vezérkar főnöke a javaslatot a magyar kormány elé terjesztette, és annak egyetértése után jóváhagyta azt. [3; 71. o.]

Július 8-án ennek megfelelően adta ki a vezérkarfőnök az intézkedését, amely szerint:

„A Gyorshadtestet július 9-én 0 órától kivonja a Kárpát-csoportból és a Rundstedt (Dél) Hadseregcsoporthoz alárendeltségébe utalja. Továbbiakban a 8. határvadász és az 1. hegyi dandár a VIII. hadtest parancsnoksága alatt, mint megszálló kontingens fog tevékenykedni. A két dandárból a kerékpáros és a páncélos részeket a Gyorshadtest állományába osztja be.” [4] Ez az intézkedés azonban korlátlan jogot adott a német haderőnek a Magyar Királyi Honvédség legkorszerűbben felszerelt seregeitének felhasználására. [5; 4. o.]

A hadtest szervezetének legfontosabb elemeit az 1. táblázat foglalja össze.

Július 9-től a megkapott intézkedés értelmében a gyors-hadtest parancsnoksága és csapatai – az időközben megindult nyári esőzést nyomán kialakult embert és technikát próbára tevő mostoha időjárási viszonyok között – már az új előjáró parancsai alapján nyomultak tovább keletre. [6; 66. o.]

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

[1] „A keleti hadszíntér és Magyarország 1941 – 1943” *Arcanum* Magyarok a II. világháborúban <https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/2vhSzakkonyv-magyarok-a-ii-vilaghaboruban-2/a-keleti-hadszinter-es-magyarország-1941-1943-CF9/1-katonapolitikai-helyzet-a-nemet-szovjet-osszecsapas-elott-D0A/a-nemet-szovetsegi-rendszer-hadereje-es-hadaszati-celjai-a-tamadas-elott-D2B/> (Letöltés ideje: 2020.5.4.);

- [2] Szabó Péter és Számvéber Norbert. *A Keleti Hadszíntér és Magyarország 1941–1943*, Debrecen: Püedlo Kiadó;
- [3] Dr. Kálmán Dániel. A magyar királyi honvédség a 2. világháborúban, HIM HL TGY. 2721.;
- [4] Csikány Tamás (szerk.). *A Hazáért – A Magyar Honvédség múltja és jelene 1848–2004*, Szaktudás Kiadó Ház Rt., 2006.;
- [5] Zsedényi Zoltán. A gyorshadtest hadműveletei Oroszországban 1941 / Előadás az Országos Tiszti kaszinóban/ Budapest, 1942. III. 20, Kézirat, HIM HL 6577.;
- [6] Andaházi Szeghy Viktor. A magyar királyi honvédség részvétele a Szovjetunió elleni támadásban (1941. június – december), Belvedere Meridionale Kft., Szeged, 2016.

JEGYZETEK

- 1 Az Észak Hadseregcsoporthoz (Heeresgruppe Nord) állományát a 4. páncéloscsoporthoz, valamint a 16. és 18. hadsereg alkotta. Alárendeltségében 20 gyaloghadosztály, három páncélosadosztály, három gépkocsizó gyaloghadosztály (ebből egy Waffen-SS) valamint három biztosító hadosztály működött.
- 2 A Közép hadseregcsoporthoz (Heeresgruppe Mitte) állományát a 2. és a 3. páncéloscsoporthoz, valamint a 4. és a 9. hadsereg alkotta. Alárendeltségében 31 gyaloghadosztály, 9 páncélosadosztály, 6 gépkocsizó gyaloghadosztály (ebből egy Waffen-SS), egy lovashadosztály, és a Grossdeutschland gépkocsizó gyalogezred, valamint három biztosító hadosztály tartozott. [1]
- 3 A Dél Hadseregcsoporthoz (Heeresgruppe Süd) állományát az 1. páncéloscsoporthoz, valamint a 6., a 11. és a 17. hadsereg képezte. Összesen 22 gyaloghadosztály, négy könnyűgyalog-hadosztály, öt páncélosadosztály, három gépkocsizó gyaloghadosztály (ebből egy Waffen-SS), egy hegyi hadosztály, a Leibstandarte-SS Adolf Hitler gépkocsizó gyalogdandár és három biztosító hadosztály állt a parancsnok rendelkezésére a feladatok végrehajtására. [1]

A posztermellékleten látható FFG WiSENT 2 AEV (Armoured Engineer Vehicle) multifunkciós támogató jármű műszaki-technikai adatai:

Hosszúság		10,5 m
Szélesség		3,54 m
Magasság		3,1 m
Tömeg		69,5 t
Teherbírási		32 t
Ásóképesség		260 m ³ /h
Ásási mélység		max. 4,4 m
Kanál űrmérete		1,3 m ³
Motor	típus	MTU MB 873 Ka-501
	teljesítmény	1100 kW
Hengerűrtartalom		47 600 cm ³
Sebességváltó és fokozatok		RENK HSWL 354 (4+2 fokozat)
Max. sebesség	előre	68 km/h
	hátra	31 km/h
Páncélvédetség		NATO STANAG 4569 ballisztikai Level5, akna elleni védelem Level4

(Forrás: <https://www.ffg-flensburg.de/en/products/ffg-developments/wisent-2/>)

CONTENTS

STUDIES

The artificial intelligence and the armed forces, Part 7 – Military application possibilities	2
Tank generations, Part 1	7
Development trends of gas turbine aircraft engines, Part 1	14

INTERNATIONAL MILTECH REVIEW

Nowadays nuclear threat	22
The application of electric and hybrid passenger cars and trucks in the Hungarian Defence Forces, Part 2	28
The Turkish Bayraktar combat UAV, Part 1	35
Serbian armed force development, Part 1	40

SPACE ACTIVITIES

Reflections on the importance of space law and policy education	47
---	----

DOMESTIC SURVEY

The potential of 3D printing and its military applications, Part 2	49
Safety of passenger aircraft, Part 2	56
The HIK centre, the centre of the field C2 system, Part 1	62
Developing of Protar target air defence aircraft in Hungary, Part 3	67

MILTECH HISTORY

The activities of the 1st Royal Quick Reaction Corp subordinated to Germany, Part 1 <i>From river Prut to the Stalin-line (22. 06-09. 07. 1941.)</i>	72
---	----

A címképünkön: PzH2000 önjáró löveg (Fotók: HM Zrínyi Nonprofit Kft. / honvedelem.hu / Szakál Szebald)

Borító 2: Fent: Akinci UAV (Forrás: en.defence-ua.com)

A Bayraktar Akinci UCAV a 2022-es SAHA Expo Defense and Aerospace Fair (Védelmi és Repülési Kiállítás) rendezvényen Isztambulban (Forrás: globaldefensecorp.com)

Lent: Egy Bayraktar TB2 drón 2021. augusztus 18-án Kijevben, Ukrajna augusztus 24-i függetlenségi napi katonai parádéján (Fotó: Gleb Garanich/Reuters)

Borító 3: A szerb 72. különleges műveleti dandár állományában lévő BOV Lazar (felső kép) és BRDM-2MSZ típusú harcjárművek a Villámcsapás 2021 („Lightning Strike 2021”) elnevezésű harcászati gyakorlaton. A harceszközök láthatók voltak a batányjaci Stit 2022 haditechnikai bemutatón is (Forrás: vs.rs)

Poszter: FFG WiSENT 2 AEV multifunkciós támogató jármű (Forrás: a KMW engedélyével)
(A típus főbb harcászati-műszaki adatait tartalmazó táblázatot a 75. oldalon közöljük.)

INHALTVERZEICHNIS

STUDIEN

Künstliche Intelligenz und Kriegsmacht – Zusätzliche zivile Anwendungen, Teil VIII.	2
Panzergenerationen, Teil I.	7
Entwicklungsrichtungen der Turbinen-Strahltriebwerken, Teil I.	14

INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDSCHAU

Die nukleare Bedrohung heutzutage	22
Möglichkeiten des Einsatzes von Pkw und Lkw mit Elektro- und Hybridantrieb in der Ungarischen Armee, Teil II.	28
Die türkische Kampfdrohne „Bayraktar”, Teil I.	35
Serbische militärische Entwicklung, Teil I.	40

RAUMFAHRTTECHNIK

Gedanken zur Bedeutung der Bildung von Weltraumrechts und Politik	47
---	----

HEIMATSCHAU

3D-Druck und seine militärischen Anwendungsmöglichkeiten, Teil II.	49
Sicherheit von Passagierflugzeugen, Teil II.	56
Das Zentrum der Feldsysteme von Information und Kommunikation, das Zentrum „HIK”	62
Entwicklung des Flugabwehrzielflugzeugs „Protar” in Ungarn, Teil III.	67

GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK

Die Aktivitäten unter deutscher Befehlsführung des 1. Königliche Schnelle Korps, Teil I. <i>Vom Fluss Prut bis zur Stalin-Linie (22. 06-09. 07. 1941.)</i>	72
---	----

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 oldalon kérhető), továbbá a szerző munkahelyét, intézményi kötődését angol és magyar nyelven (illetve tudományos fokozatát – ha ilyenrel rendelkezik). A kéziratot csak a felhasználó irodalmak megjelölésével fogadjuk el. Ha a hivatkozott irodalmi forrás rendelkezik DOI azonosítóval, azt kérjük feltüntetni.

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

Előfizetés

Éves előfizetési díj 3120 Ft.

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

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél,

e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu,

faxon: 303-3440,

Stúdió könyvesbolt

1138 Bp., Népfürdő u. 15/D,

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

HM Zrínyi Nonprofit Kft.

Ügyfélszolgálat – Könyv- és térképolt

Budapest II., Fillér u. 14.

Levélcíme: 1276 Budapest 22, Pf. 85

telefon: +3630-388-4034

e-mail: ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu

További információ: 06 80/444-444

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

A Haditechnika megvásárolható

Lira 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!

