

A múlt, a jelen és a jövő fegyverei

# HADITECHNIKA

2022/4

LVI. évfolyam 4. szám

Ára 520 Ft

## Airbus H225M helikopter



**Posztermelléklettel!**







## A MAGYAR HONVÉDSÉG MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS ÉS ISMERETTERJESZTŐ FOLYÓIRATA

Az MTA által minősített folyóirat

2022/4. szám.  
LVI. évfolyam

### Tulajdonos:

Bozó Tibor vezérőrnagy

### A szerkesztőbizottság elnöke:

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

### A szerkesztőbizottság alelnöke:

Bárány Zoltán Gábor ezredes  
(MH TP parancsnokhelyettes)

### Főszerkesztő:

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

### A szerkesztőbizottság tagjai:

Benkó Imre  
(HM CURRUS ZRt. és HM ARMCOM ZRt.)  
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 MI)  
Kaposvári László vezérőrnagy (MHP LGCSF)  
Prof. dr. Kiss Péter  
(Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)  
Prof. dr. Kovács László dandártábornok  
(MHP HSZ [kibervédelmi])  
Dr. Köller József dandártábornok (MH 86. SZHB)  
Könczöl Ferenc ezredes (MH 12. ALRE)  
Lengyel Csaba ezredes  
(MHP HSZ [szárazföld])  
Magyar Ferenc (ITM)  
Dr. Németh András alezredes (NKE HHK)  
Prof. dr. Rohács József CSc. (BME)  
Solymosi Ferenc ezredes (MH TTP)  
Szakácsi István alezredes  
(MHP HSZ [logisztika])  
Dr. Trembeczki László András (HM EI ZRt.)

### Lektorai bizottság elnöke:

Dr. Keszthelyi Gyula ny. dandártábornok (MKLE)

### Felelős szerkesztő:

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

### Szerkesztő:

Rojkó Annamária tanácsos  
(MH TP, MÚOSZ, TÚK)

### Katonai szerkesztő:

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

### Űrtechnika rovatvezető:

Dürr János Béla MSc (MH MI, TÚK)

### Szerkesztőasszisztens:

Drahos Gabriella (MH TP, TÚK)

### Kutatástámogató asszisztens:

Dari Nikolett (MH TP)

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. Kiss Roland: Oroszország  
A2/AD képességei I. rész 7



Dr. Gulyás Attila PhD: Az 5.  
generációs telekommunikációs  
hálózatok fejlesztési irányai  
I. rész 13



Ott István Dániel: India katonai  
atomprogramja, a hadászati  
triád kiépítésének folyamata  
III. rész 26



Bárány Dániel – Rembeczki  
Szabolcs: Pilóta nélküli légi  
járművek repülésbiztonsági  
kérdései és az azokra adható  
technikai megoldások  
lehetőségei 53



## TANULMÁNYOK

Dr. Németh András – Virágh  
Krisztián: Mesterséges  
intelligencia és haderő –  
A mesterséges intelligencia  
területei IV. rész 2

Vozsech István: A Föld  
forgásának hatása  
a lövedékmozgásra II. rész 20

## NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

Dr. Kovács Zoltán: Aknatelepítés:  
Keleten a helyzet jelentősen  
megváltozott II. rész 31

## ŰRTECHNIKA

Dr. Punczman Ádám Tamás:  
Az égitestek bányászata  
I. rész 38

## HAZAI TÜKÖR

Tóth Csaba Albert: Integrált  
lézeres valós szimuláció  
a Magyar Honvédség  
kiképzési rendszerében II. rész 46

Dr. Hennel Sándor: Az Airbus  
H225M helikopter lesz  
a Mi-8-as váltótípusa 59

Dr. Farkas Csaba PhD – Nagy  
Attila – Csák Attila: A Protar  
légvédelmi célrepülőgép  
fejlesztése Magyarországon  
II. rész 65

## HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

Druzsinn József: Zsélyi Aladár  
repülőgép-konstruktőr,  
aviatikus II. rész 73

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

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

A **Haditechnika** kéthavonként nyomtatásban megjelenő folyóirat.

**A szerkesztőség postacíme:**

Budapest, 1885 Pf.: 25. ■ Telefon: 224-8306 ■ [haditechnika@hm.gov.hu](mailto:haditechnika@hm.gov.hu).  
[kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT/](http://kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT/); <https://www.facebook.com/HTfolyoirat/>

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

Dr. Németh András\* – Virágh Krisztián\*\*

# Mesterséges intelligencia és haderő – A mesterséges intelligencia területei IV. rész

**A** mesterséges intelligencia az elmúlt évek során korunk egyik kulcsfontosságú technológiájává vált. Meghatározó, szemléletformáló, életstílusalakító szerepét, valamint fejlődésének dinamikus ütemét jelzi, hogy azon MI-alapú eszközök és rendszerek, amelyek korábban legfeljebb csak a tudományos-fantasztikus irodalomban léteztek futurisztikus képet vetítve elének, mára valósággá váltak. A tanulmány sorozat előző részeiben a mesterséges intelligencia fogalmi rendszerének vizsgálata mellett a fejlődéstörténet szakaszainak elemzésével törekedtünk a mérföldkövek jelentőségének és a technológiai környezet korlátozó hatásainak bemutatására. Ezután az ezredfordulós időszak vizsgálatán keresztül rávilágítottunk, hogyan vált a mesterséges intelligencia a technológiai fejlődés motorjává, majd a mesterséges intelligencia különböző területeit mutattuk be. Jelen tanulmányunkban a mesterséges intelligencia csoportosításának lehetőségeit tárjuk az érdeklődő olvasók elé.

## BEVEZETŐ GONDOLATOK

A mesterséges intelligencia feladatrendszerének folyamatos bővülése újabb és újabb képességekkel rendelkező MI-rendszerek megjelenését generálja. Mivel napjainkban egyre szélesebb spektrumban alkalmazzák ezt a kulcsfontosságú technológiát, időről-időre felmerül az igény arra, hogy különböző szempontrendszerek szerint osztályozzunk, illetve besoroljuk az egyes megoldásokat. A két fő irányvonal a tanulási képesség, valamint a tudatossági szint alapján végzi a rendszerezést, így mi is ennek mentén vizsgáljuk az MI-k képességeit jelen tanulmányunkban.

## A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA CSOPORTOSÍTÁSA TANULÁSI KÉPESSÉGEK SZERINT

A mesterséges intelligenciát tanulási képességei szerint 3 csoportra sorolhatjuk. Ezek a [74]:

- gyenge mesterséges intelligencia;
- erős mesterséges intelligencia;
- szuperintelligencia.

### GYENGE MI

A gyenge MI képes speciális feladatok ellátására, valamint előre beprogramozott algoritmusokon<sup>5</sup> és tanulási adatokon nyugvó önálló döntéshozatalra, azonban nem rendelkezik öntudattal, nem képes önállóan megtanulni új feladatok kivitelezésének a módját, ezért alkalmazzák ezeket rendszereket specifikusan egy-egy feladatra. Ezen felada-

tokhoz nagy mennyiségű és megfelelő minőségű adatot kell szolgáltatni az MI számára. [75] A gyakorlati alkalmazások területén egyelőre csak ilyen MI-k léteznek, amelyeket többek között az alábbi feladatok végrehajtása során használhatunk hatékonyan [74] [76]:

- fordítóprogramok;
- virtuális asszisztensek;
- arcfelismerő rendszerek;
- egészségügyi diagnosztizáló rendszerek;
- önvezető járművek;
- MI-alapú webkeresők;
- intelligens spamszűrők.

Az egyik legfejlettebb gyenge MI a tanulmányunk korábbi részében már említett Sophia névre keresztelt szociális robot, „akit” onnan ismerhetünk, hogy különböző beszélgetős showműsorokban készítettek vele interjút, illetve állampolgárságot is kapott Szaúd-Arábiában (ez az eset a világon az első, hogy egy nem organikus lény kapott állampolgári jogokat). [77] Hozzá hasonlóan még két ismertté vált virtuális asszisztens tartozik a híresebb robotok közé: az Apple iOS-tól Siri, és a Microsoft-tól Cortana. [78] Fontos megjegyezni, hogy Sophia nem feltétlenül emelkedik ki képességeivel a többi MI közül, csupán azért tűnik „értelmesebbnek”, mert az a specifikus terület, amelyre kidolgozták, a kommunikáció volt, ennek köszönhetően az emberek már közvetlenül is megtapasztalhatják a technológia által biztosított lehetőségeket.

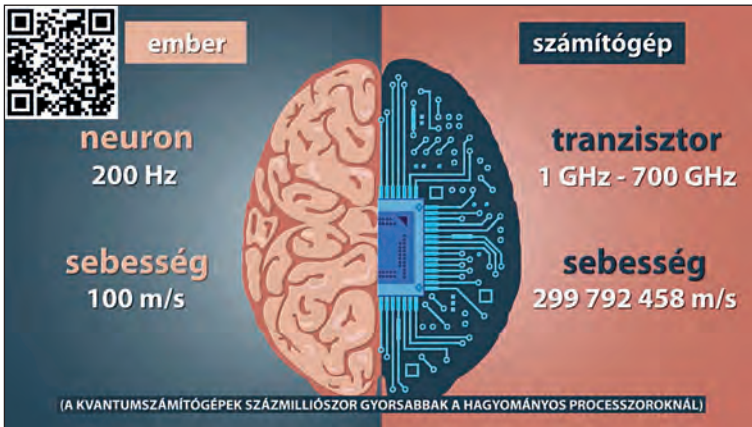
### ERŐS MI

Az erős MI alkalmas lesz egymástól független feladatok ellátására és új feladatok kivitelezési módjának kidolgozására azáltal, hogy a rendszer önmagát tanítja. Az MI ezen fajtája már az emberi intelligencia szintjén fog állni [74], ugyanakkor olyan szintű öntudattal nem rendelkezik majd, mint egy valódi ember. A Földön jelenleg nincs tudomásunk ilyen típusú MI létezéséről, és a jövőkutatók szerint is csak körülbelül 35–40 év múlva érheti el a technológia azt a fejlettségi szintet, hogy az emberi agy képességeivel rendelkező MI-megoldásokat hozzunk létre. [79] Vannak azonban ennél lényegesen optimistább tudósok is, mint például a széles körben elismert Ray Kurzweil, aki szerint akár már ebben az évtizedben, 2029-re elkészülhetnek az első erős mesterséges intelligenciák. [80] Valószínűsíthetően a kvantumszámítógépek jelentik majd a következő lépéscsúfokot az általános MI fejlődésében [76], amelyek számítási kapacitásai mára már talán meg is haladták a „klasszikus” számítástechnika teljesítményének felső határát a kvantumfolyény megszerzéséért folytatott globális versenyfutásban. [81]

\* Alezredes, tanszékvezető, egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 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





22. ábra. Az emberi agy és a kvantumszámítógépek bizonyos tulajdonságai [83]

### SZUPERINTELLIGENCIA

A szuper mesterséges intelligenciának az erős MI-hez képest már öntudata is lesz, képes lesz érzelmi kapcsolatok kialakítására, valamint komplex problémák megoldására, érvelési és tanulási képessége, illetve kreativitása pedig túlszárnyalja majd az emberi elmét. [74] [79] Amit korábban kizárólag emberi tulajdonságnak hittünk, már nem csak ránk lesz jellemző. Egyes kutatók disztópikus<sup>6</sup> jövőképeknek a tudatos MI megteremtésére való törekvések adják az alapját, amely állításuk szerint az emberi faj eltűnéséhez, kipusztításához vezethet. Elképzelésük szerint minél nagyobb autonómiát adunk a gépeknek problémáink megoldására, annál nagyobb fenyegetést fognak jelenteni számunkra, mert az emberi elménél fejlettebb rendszereket várhatóan már nem fogjuk tudni kontroll alatt tartani. [82] Ugyanakkor az emberek erre irányuló törekvéseit a gépek saját magukkal szemben érezhetik majd fenyegetésnek, amely ellen adott esetben fel is léphetnek. Ez az elképzelés ma még természetesen csak a tudományos fantasztikus irodalom világában létezik, de a fejlődés jelenlegi ütemét elemezve már egyáltalán nem tűnik minden alapot nélkülöző alternatívának. Ennek alátámasztására a 22. ábrán egy egyszerűsített összehasonlítás látható az emberi agy és egy kvantumszámítógép számítási kapacitását meghatározó elemi alkotóelemek fizikai jellemzőiről. Bár a kapcsolat messze nem lineáris, a tranzisztor órajele 5–3500 milliószorosa a neuron műveleti sebességének, miközben az ingerülettovábbítás sebességét a gépi információtovábbítás sebessége 3 milliószorosan haladja meg. Ezek az adatok a tanulási képesség nyelvére lefordítva azt jelentik, hogy amennyi tudást az ember húszezer év alatt tudna megszerezni, annak elsajátításához a szuperintelligenciának egy exponenciális növekedési ütem mellett, mindössze egyetlen hétre lenne szüksége. Ezzel együtt jár, hogy a gép tudása már fejlődési szakaszának legelején eléri az emberi tudás felső határát, ezt követően pedig az általa előállított információk egyszerűen már érthetlenné válnak az emberiség számára. [83]

### A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA CSOPORTOSÍTÁSA TUDATOSSÁGI SZINTEK SZERINT

A mesterséges intelligenciát tudatoossági szintje alapján 4 csoportba sorolhatjuk, Ezek a [84]:

- reaktív mesterséges intelligencia;
- korlátozott memóriájú mesterséges intelligencia;
- tudatelmélet alapján tevékenykedő mesterséges intelligencia;
- öntudatos mesterséges intelligencia.

### REAKTÍV MI

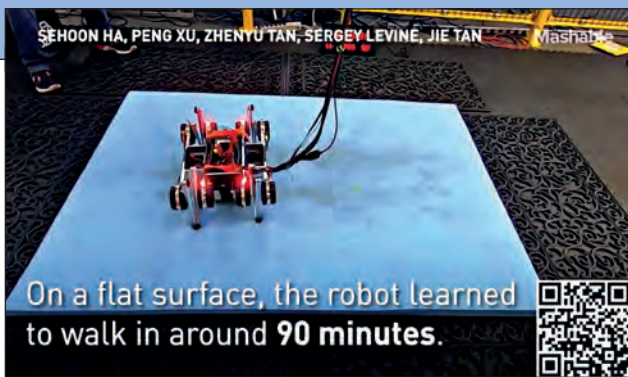
A reaktív mesterséges intelligencia csupán arra képes, hogy a bekövetkezett helyzetre a megítélése szerinti legjobb kimenettel válaszoljon, mindezt úgy, hogy a jövőbeli lehetséges kimenetek modellezésekor nem veszi számításba a múltbéli eseményeket. Bár tudatosság szempontjából ez képviseli a legalacsonyabb szintet, már egy ilyen típusú MI is képes volt arra (Deep Blue), hogy 1997-ben legyőzze a sakknagymestert, Garry Kimovich Kasparovot. [85] Az ilyen típusú MI-knek tehát nincsen memóriája (emlékezete), nem képesek múltbéli tapasztalatok alapján tanulni, de az előre beprogramozott szabályok és körülmények között képesek a legjobb döntések meg-

hozatalára, sok esetben hatékonyabban, mint egy ember. [86] A reaktív MI-ket korlátozott képességük miatt ma már nem használják, ugyanis csak olyan speciális esetekben lehetnek hasznosak, ahol a feladatvégrehajtás során mindig azonos körülmények állnak fenn, mint ahogyan a sakkozó Deep Blue-nál.

### KORLÁTOZOTT MEMÓRIÁJÚ MI

A korlátozott memóriájú mesterséges intelligencia már képes arra, hogy a bekövetkezett helyzetre a megítélése szerinti legjobb kimenettel válaszoljon, mindezt úgy, hogy a jövőbeli lehetséges kimenetek modellezésekor számításba veszi az időben közeli, múltbéli eseményeket. Az ilyen típusú MI-knek tehát van rövid távú memóriája (emlékezete), és már képesek a tanuló algoritmusokon keresztül fejleszteni magukat a múltbéli tapasztalatok alapján, így lehetővé válik akár dinamikusan változó környezetben történő tevékenységük is. Tipikus példát jelentenek a fenti tulajdonságokra az önvezető járművek. [84] [86] [87] Az önvezető járművek szenzorai a jármű környezetének változását hatósugarukon belül folyamatosan érzékelik, majd ezekről elektromos jelek formájában tájékoztatják a jármű központi vezérlőjét. Ezt követően a központi vezérlő a beérkezett, különböző formátumú információkat egységesíti, fuzionálja (szenzorfúzió), amelyhez rövid ideig tárolnia is kell ezeket az információkat. A rendelkezésre álló információk értékelését követően utasítást ad a jármű sebességének a növelésére, a fékezésre, a megállásra, vagy éppen egy kanyarodási művelet végrehajtására. További jellemzője lehet a korlátozott memóriájú mesterséges intelligenciáknak, hogy kezdetben egy adott feladatot gyenge hatásfokkal tudnak csak végrehajtani, majd a tanulási folyamat során szerzett tapasztalataiknak köszönhetően képesek egyre jobban teljesíteni. Ennek tipikus példái lehetnek azok a robotok, amelyek mindenféle előzetes ismeret nélkül önmaguk tanulnak meg járni. Egy ilyen típusú mesterséges intelligenciával rendelkező robot látható a 23. ábrán, amely 90 perc alatt, a megerősítéses tanulást alkalmazva tanult meg járni.

A korlátozott memóriájú mesterséges intelligenciák tehát – ahogy a nevük is utal rá –, még csupán szigorú keretek között tudnak tevékenykedni, amely távol áll egy öntudatos cselekvési mintától. Nagyrészt a környezet változásaira tudnak – a tanuló algoritmusoknak köszönhetően javuló hatékonysággal – reagálni, de már ez is lehetővé teszi a reaktív mesterséges intelligenciáknál sokkal szélesebb spektrumban történő felhasználást. Tulajdonképpen a napjainkban alkalmazott szinte összes megoldás korlátozott memóriájú mesterséges intelligenciának minősül. A teljesség igénye nélkül néhány további konkrét példa: →



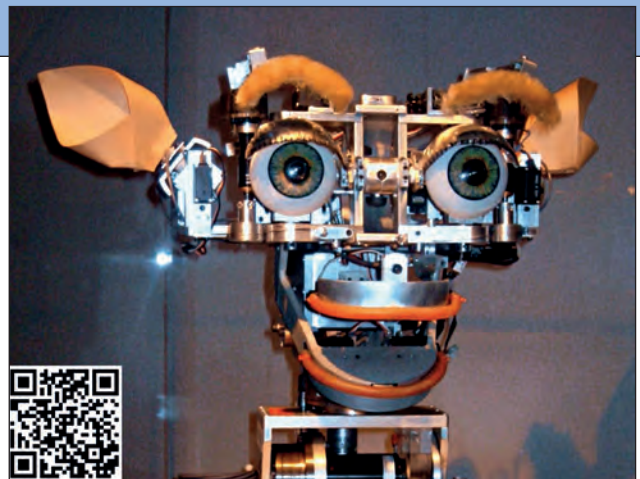
23. ábra. Egy önmagát jární tanító robot [88]

- internetes ajánlórendszerek, amelyek múltbéli kereséseink alapján kínálnak számunkra további tartalmakat;
- chatbotok és virtuális asszisztensek, amelyek a természetes nyelvfeldolgozás eszközeivel (NLP-algoritmuskok, beszédszintézis), múltbéli beszélgetéseik alapján képesek egyre fejlettebb kommunikációt folytatni emberekkel;
- képfelismerő rendszerek, amelyek nagyrészt felügyelt tanulás segítségével képesek egyre pontosabban osztályokba sorolni a képeket.

### TUDATELMÉLET ALAPJÁN TEVÉKENYKEDŐ, TUDATOSSÁGGAL RENDELKEZŐ MI

A mesterséges intelligencia ezen típusának tárgyalása előtt célszerű magát a tudatelmélet kifejezést is értelmezni. A pszichológiában a tudatelméletet a következőképpen definiálják: „az a mechanizmus, amellyel másoknak (és néha magunknak) reprezentációs jellegű, a valós, vagy egy lehetséges világot leképező mentális állapotokat, tehát vélekedéseket, tudást, vágyakat, szándékokat tulajdonítunk, és nem foglalkozunk azokkal a készségekkel (empátia, utánzás, érzelmi állapotok észlelése, kommunikáció stb.), amelyek nem, vagy nem feltétlenül járnak együtt mentális attribúcióval.” [89] Egyszerűbben megfogalmazva, az ilyen típusú mesterséges intelligenciák már tisztában lesznek azzal, hogy vannak olyan élőlények, amelyeknek gondolataik, érzéseik és szükségleteik vannak, ezekre reflektálva pedig alakítani tudják viselkedésüket. [83] Ez a megközelítés tehát egy teljesen új tudatossági szintet, minőségi ugrást jelent a mesterséges intelligenciák területén.

A fentiek alapján tehát az MI-k már hosszú távú memóriával (emlékezzettel) fognak rendelkezni és tapasztalataikat (eltárolt emlékeiket) közvetlenül fel tudják majd használni önmaguk fejlesztésére, különböző döntések meghozatalára. Ennek következtében az MI felhasználási lehetőségei drasztikusan kiszélesednek, amely jelentős hatással lesz az emberi munkaerőpiacra, hiszen egyrészt bizonyos munkakörök – például a repetatív munkavégzésen alapuló tevékenységek – teljesen eltűnnek, mert betölthetővé válnak gépi intelligenciákkal, másrészt azonban új munkakörök jelenhetnek meg, amelyek leginkább az informatika és robotika területén a mesterséges intelligenciák és a robotok fejlesztéséhez és karbantartásához szükségesek. Kijelenthető tehát, hogy a 21. században a tudatelmélet alapján tevékenykedő MI-k korábban soha nem tapasztalt mértékű átalakulást eredményeznek majd az emberek életében. Egyelőre ilyen típusú mesterséges intelligenciákkal még nem rendelkezik az emberiség, de egyre közelebb vagyunk az első tudatelmélettel rendelkező MI-k megjelenéséhez, amely az előttünk álló 1-2 évtizedben akár már meg is történhet. Jelenleg egy átmeneti korszakban vagyunk a korlátozott memóriájú és a tudattal rendelkező mesterséges intelligenciák között, amelyre a kommunikációs céllal fejlesztett humanoid robotok a legjobb példák. Ezek hatékonyan működő, gépi látáson alapuló arcfelismerő rendszer



24. ábra. Kismet, az egyik legelső szociális robot [91]

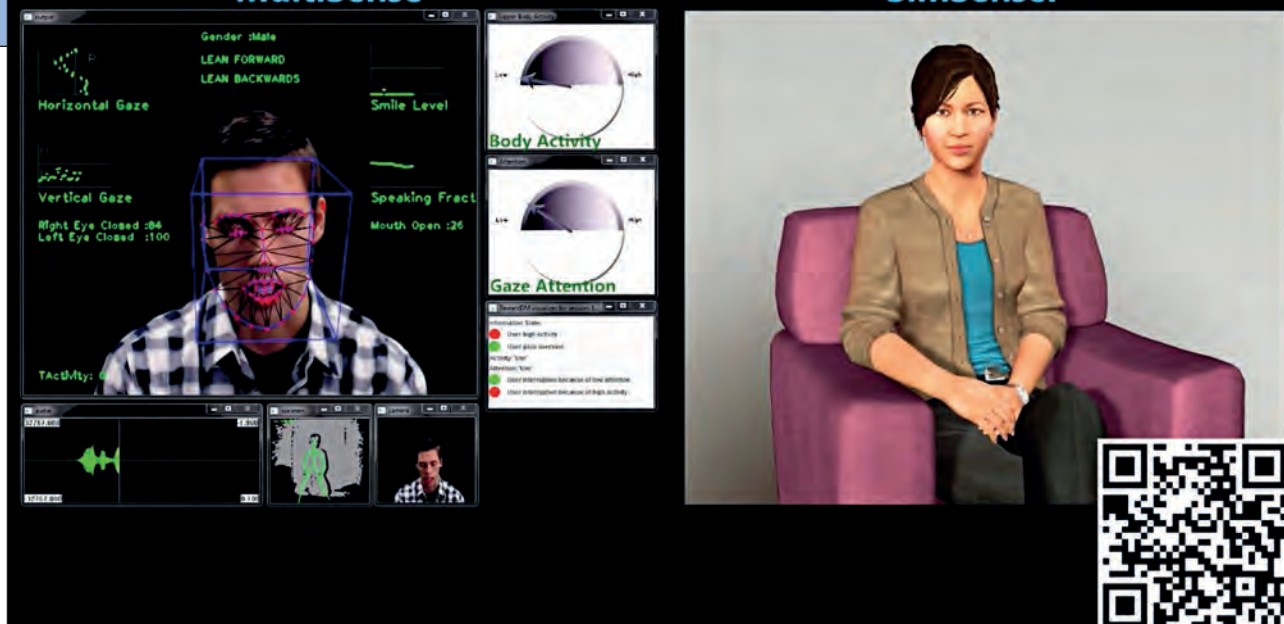
segítségével képesek akár korábban látott személyek felismerésére (azonosítására), valamint érzelmefelismerés funkciók felhasználásával a beszélgetőpartner érzelmi állapotának figyelembevételére az információcsere során. A 24. ábrán egy 1998-ban megépített robotfej, a Kismet látható, amely már képes volt érzelmeket felismerni, illetve mimikájával érzelmeket kifejezni. A robotot Dr. Cynthia Breazeal fejlesztette az USA-ban, a Massachusetts-i Technológiai Intézetben. [90]

A korábban leírtakat túlszárnyaló példát szemléltet a 25. ábra, amelyen a SimSensei, egy érzelmi intelligenciával (EQ – Emotional Quotient) rendelkező mesterséges intelligencia látható, „akinek” képességeit már több kísérletben is tesztelték. Viselkedési rendellenességekben, mint például a poszttraumás stressz szindrómában (PTSD – Post-Traumatic Stress Disorder) szenvedő páciensek kezelésekor arra az eredményre jutottak, hogy az emberek többsége jobban megnyílt az MI számára, ugyanis kevésbé érezték megalázónak a helyzetet, vagy kevésbé érezték úgy, hogy az orvos elítéli őket tetteik, érzéseik miatt. [92] SimSensei annak érdekében, hogy természetesebbnek hasson, mondanivalójával összehangolt gesztikulációra is képes. A bizalom felépítését elősegítve kezdetben csak általános kérdéseket tesz fel a pácienseknek, mint például hogy honnan érkeztek, vagy milyen volt az útjuk, tehát „cseveg” velük. Ehhez az MI a természetes nyelvfeldolgozás (NLP) és megértés (NLU – Natural Language Understanding) eszközeit használja. SimSensei multiszenzoros, azaz több szenzor egyidejűleg biztosítja számára az információt ahhoz, hogy elemezze a páciensek reakcióit, így például a mimikát, a gesztikulációt vagy a beszéd valamilyen jellemzőjének (hangszín, szünet) megváltozását. [93] A QR-kód segítségével betölthető videón látható például, SimSensei érzékeli, ahogy a páciensek lefelé szegezik a tekintetüket válaszáadás közben, megváltoztatják a testtartásukat egy kellemetlenebb téma miatt, elmosolyodnak, vagy éppen megnövekedik a fizikai aktivitásuk a beszélgetés során. Érdeemes lenne megvizsgálni, hogy működésének hatékonyságára milyen hatással lenne, ha egy ilyen tudású MI-t a képernyő fogságából kiszabadítva, először a virtuális, majd a fizikai térben is engednék emberi testet öltetni.

### ÖNTUDATOS MI

Az öntudatos mesterséges intelligenciák várhatóan már minden olyan képességgel (tanulási képesség, kreativitás, érvelés, döntéshozatal, érzelmkifejezés, empátia stb.) rendelkezni fognak, amelyekkel az emberek, vagy még annál is többel. A jelenlegi ismereteink alapján arra következtethetünk, hogy az ilyen típusú MI-k viselkedésére már nemcsak a tudatosság lesz jellemző, de teljes értékű öntudattal is rendelkeznek majd, ami talán még az emberek





25. ábra. SimSensei beszélgetés közben [94]

tudatossági szintjét is felül fogja múlni. Lesznek tehát vágyaik, és saját akaratuk is. Annak fényében, hogy teljes mértékben még jelenleg sem vagyunk tisztában saját tudatosságunk szintjeivel és annak működésével – amint azt a Sigmond Freud-féle tudatos, valamint a tudatalattit alkotó tudatelőttés és tudattalan szintekre vonatkozó jéghegy példája [95] is mutatja a 26. ábra alapján – nehéz elképzelni, hogy egy nálunk fejlettebb intelligenciát és tudatot hozunk létre.

Ugyanakkor az is megtörténhet, hogy az öntudatos MI-ket már nem az emberek, hanem maguk a mesterséges intelligenciák fogják megalkotni a jövőben. Elképzelhető, ahogyan a korlátozott memóriájú MI-k napjainkban képesek maguk fejlesztésére különböző tanuló algoritmusok segítségével mindenféle emberi beavatkozás nélkül (nem felügyelt tanulás), úgy fogják majd tudatossági szintjüket fejleszteni a tudattal rendelkező mesterséges intelligenciák is, amíg végül meg nem alkotnak egy magasabb rendű struktúrát, a szuperintelligenciát.

**ÖSSZEZÉS**

A mesterséges intelligenciákat a tanulási és a tudatossági képességeik alapján érdemes csoportokba rendezni. Az egyes csoportok közötti kapcsolatot a 3. táblázat foglalja össze. Látható, hogy a gyenge mesterséges intelligenciák csoportjához rendelhető a legalapvetőbb reaktív MI-k, illetve a korlátozott memóriájú MI-k is. Ezek teszik ki a napjaink-



26. ábra. Freud topológiai modellje a tudatunk szintjeiről [96]

ban elérhető mesterséges intelligenciák egészét. Az erős mesterséges intelligencia a tudatelmélettel, míg a szuperintelligencia az öntudatos MI-vel egyeztethető össze. Az MI

3. táblázat. A mesterséges intelligencia csoportosítási lehetőségeinek összehasonlítása (A szerzők szerkesztése)

MI-k tanulási képesség szerint		Gyenge MI		Erős MI	Szuperintelligencia
Szempontok	Tanulási képesség	Korlátozott tanulási képesség		Az emberhez hasonló, esetleg azt felülmúló tanulási képesség	Az embert felülmúló tanulási képesség
	Tudatossági szint	Nem rendelkezik öntudattal		Tudatelmélettel rendelkezik	Teljes mértékben tudatos
	Alkalmazási terület	Feladatspecifikus alkalmazás		Általános célú alkalmazás	Bármilyen alkalmazás
MI-k tudatossági szint szerint		Reaktív MI	Korlátozott memóriájú MI	Tudatossággal rendelkező MI	Öntudatos MI



fejlődési tendenciáit figyelembe véve, a jövőkutatók széles intervallumban gondolkodva, 2030 és 2060 közé jóslják az első erős mesterséges intelligenciák megjelenését, míg a szuperintelligenciák kialakulása ennél is későbbre tehető. Azt, hogy ezek hogyan és milyen ütemben, illetve mértékben fogják majd megváltoztatni a tanulmányosorozat következő részeiben tárgyalásra kerülő gyakorlati alkalmazások körét, a következő egy évtized kapcsolódó kutatásainak eredményei nagymértékben befolyásolják majd

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [74] *Introduction to Artificial Intelligence (AI)*, IBM, <https://www.coursera.org/lecture/introduction-to-ai/introducing-ai-eKUiz> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [75] Tannya D. Jajal. „Distinguishing between Narrow AI, General AI and Super AI” *Medium*, 21. May 2018. <https://medium.com/@tjajal/distinguishing-between-narrow-ai-general-ai-and-super-ai-a4bc44172e22> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [76] Leah Davidson. „Narrow vs. General AI: What’s Next for Artificial Intelligence?” *Springboard Blog*, 12. August 2019, <https://www.springboard.com/blog/narrow-vs-general-ai/> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [77] Németh András, Virágh Krisztián. „Mesterséges intelligencia és haderő – A mesterséges intelligencia fejlődéstörténete II. rész” *Haditechnika*, 56. évfolyam, 2. szám, (2022) 2–6. <https://doi.org/10.23713/HT.56.2.01>;
- [78] Gunter Meissner. „Artificial intelligence: consciousness and conscience” *AI & Society*, Volume 35., (2020) 225–235 <https://doi.org/10.1007/s00146-019-00880-4>;
- [79] Susan Fourtané. „The Three Types of Artificial Intelligence: Understanding AI” *Interesting Engineering*, 25. August (2019). <https://interestingengineering.com/the-three-types-of-artificial-intelligence-understanding-ai> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [80] Nikolai Vashev. „Artificial Intelligence And The Future Of Humans” *Forbes*, 06. May 2021. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/05/06/artificial-intelligence-and-the-future-of-humans/?sh=4aa5ab056e3b> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [81] Szepesi András. „Holnaptól borul a fél világ? Mit jelent a kvantumfőlény, mire számíthatunk ezután?” *HVG*, 2019. október 28. [https://hvg.hu/tudomany/20191028\\_google\\_sycamore\\_kvantumfolyeny\\_jelentese\\_hogyan\\_mukodik\\_kvantumszamitogep\\_mukodese\\_egyszeruen\\_qubit\\_kubit\\_ibm\\_summit\\_szuperszamitogep](https://hvg.hu/tudomany/20191028_google_sycamore_kvantumfolyeny_jelentese_hogyan_mukodik_kvantumszamitogep_mukodese_egyszeruen_qubit_kubit_ibm_summit_szuperszamitogep) (Letöltve: 2021.6.8.);
- [82] Karamjit S. Gill. „Artificial super intelligence: beyond rhetoric” *AI & SOCIETY*, Volume 31. Issue 2., (2016) 137–143. <https://doi.org/10.1007/s00146-016-0651-x>;
- [83] *Szuperintelligencia: az emberiség utolsó találmánya*, 2019. november 15. <https://www.youtube.com/watch?v=ZOozhe30kRM&t=294s> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [84] Szarvas Dávid, Tichy Roland, Rohács Dániel. „Mesterséges intelligencia alkalmazása az aviatikában” *Repüléstudományi Közlemények* 31. évfolyam, 1. szám, (2019) 183 <https://doi.org/10.32560/rk.2019.1.15>;
- [85] Joanna Goodrich. „How IBM’s Deep Blue Beat World Champion Chess Player Garry Kasparov” *IEEE Spectrum*, 25. January 2021. <https://spectrum.ieee.org/the-institute/ieee-history/how-ibms-deep-blue-beat-world-champion-chess-player-garry-kasparov> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [86] Arend Hintze. „Understanding the four types of AI, from reactive robots to self-aware beings” *The Conversation*, 14. November 2016. <https://theconversation.com/understanding-the-four-types-of-ai-from-reactive-robots-to-self-aware-beings-67616> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [87] Dr. Németh András, Dr. Hegedűs Ernő, Wippenhauser András, Simó Réka. „A katonai alkalmazású autonóm terepjáró járművek fejlesztésének egyes kérdései I. rész” *Haditechnika*, 53. évfolyam, 4. szám, (2019) 11–16. <https://doi.org/10.23713/HT.53.4.02>;
- [88] „Szuperintelligencia: az emberiség utolsó találmánya” készítette Hogyan működik? Röviden - Tömören 2019. november 15, YouTube videó 1:48. <https://youtu.be/ZOozhe30kRM> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [89] Gál Zita. *A tudatelmélet életkori különbségei, kapcsolata a munkamemória kapacitással és a társas pozícióval*, PhD-értekezés, Szeged, Szegedi Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar, Neveléstudományi Doktori Iskola, 2015. <https://doi.org/10.14232/phd.2905>;
- [90] Cynthia L. Breazeal, „Sociable Machines: Expressive Social Exchange Between Humans and Robots”. (Sc.D. dissertation, Department of Electrical Engineering and Computer Science, MIT. 2000);
- [91] James Young, Richard Hawkins, Ehud Sharlin, Takeo Igarashi. *Toward Acceptable Domestic Robots: Applying Insights from Social Psychology*, 2009 International Journal of Social Robotics 1. 98. <https://doi.org/10.1007/s12369-008-0006-y> Videó: <https://www.youtube.com/watch?v=Kw-gOmJwzuc>;
- [92] G. Stratou et al., „A demonstration of the perception system in SimSensei, a virtual human application for healthcare interviews,” *2015 International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)*, 2015, 787 doi: 10.1109/ACII.2015.7344661;
- [93] David DeVault et al., „SimSensei Kiosk: A Virtual Human Interviewer for Healthcare Decision Support” in *Proceedings of the 2014 International Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems*, 2014. 1061;
- [94] *SimSensei & MultiSense: Virtual Human and Multimodal Perception for Healthcare Support*, 07 February 2013. <https://www.youtube.com/watch?v=ejczMs6b1Q4> (Letöltve: 2021.6.8.);
- [95] Philip Zimbardo, Robert Johnson, Vivian McCann. *Pszichológia Mindnekinek 2.* (második kiadás), (Libri Kiadó, 2017);
- [96] Forrás: <https://megoldaskozpont.com/wp-content/uploads/2019/12/j%C3%A9ghegy-modell2-906x1024.png> (Letöltve: 2021.6.8.).

## JEGYZETEK

- 5 Az algoritmus elvégzendő cselekvéssorozatot jelent. Manapság leginkább a számítástechnikában használják a kifejezést. A számítógépes programok az algoritmusban meghatározott utasítások (szekvenciák) szerint hajtják (hajtják) végre a különböző feladatokat.
- 6 A *disztrópia*, vagy más néven negatív utópia, egy képzeletbeli jövőfelfogás, amely szerint a jelenleginél rosszabb rendszerben működik majd a világ. Az emberiség valós problémáit vetíti ki szimbolikusan a jövőre, illetve jelen világunk negatív tendenciáinak veszélyeire hívja fel a figyelmet.





Dr. Kiss Roland\*

## Oroszország A2/AD képességei I. rész

### A nem létező „buborék” és stratégia

Az Oroszországi Föderáció kapcsán gyakorta fölmerülnek az A2/AD (Anti-Access/Area Denial – hozzáférést gátló/területmegtagadó) képességek, valamint időről időre a stratégia és doktrína témája is annak ellenére, hogy ilyen jellegű stratégiával vagy doktrínával elérhető formában Oroszország egyáltalán nem rendelkezik.<sup>1</sup> A képességeket vizsgálva azonban könnyű tévedésbe esni, ugyanis Moszkva valóban rendelkezik olyan képességekkel, amelyek megfelelnek a nyugati A2/AD fogalomnak, ám ezek alkalmazását messze összetettebb és kreatívabb módon képzelik el, mint amit a nyugatiak általában nekik tulajdonítanak. Jelen tanulmány sorozat kísérletet tesz a félreértések tisztázására, és egyben bemutatja, hogy az A2/AD tényleges alkalmazása valószínűleg milyen módon történhet. A tanulmánynak azonban nem célja az orosz

katonai doktrína teljes körű ismertetése, csupán ebből az egyetlen szempontból vizsgálja a kérdést.

Az A2/AD, vagyis Anti-Access/Area Denial kifejezést kibontva, az A2 olyan tevékenységet takar, amely meggátolja az ellenséget a hadszíntérhez történő hozzáférésben. Az AD pedig arra hivatott, hogy a konkrét hadszíntéren meggátolja vagy akadályozza az ellenség hatékony műveleteit. [2] Ennek kapcsán az elemzők elsősorban fegyverrendszerekre, mindenekelőtt nagy hatótávolságú rakétarendszerekre utalnak, azonban ez téves feltételezésekre vezethet, még akkor is, ha a rakétafegyverek tényleg fontos elemei az A2/AD-nek. A valóság az, hogy az A2/AD valójában önmagában egy rendszer, amelynek egy-egy fegyverfajta- ra vagy típusra történő leegyszerűsítése félrevezető. Jellemzően többféle fegyvernem és haderőnem koordinált

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A szerző véleménye szerint Oroszország rendelkezik a Nyugat által A2/AD tárgykörbe sorolt képességekkel, azonban erre vonatkozó stratégiával nem. Sok elemző gyakran félreérti magukat a képességeket, mivel azok valószínűleg elsősorban védelmi jellegűek, és céljuk az ország elleni stratégiai támadások hatásának csökkentése, és nem „buborékok” kialakítása területzárásra.

**KULCSSZAVAK:** hozzáférést gátló/területmegtagadó, A2/AD, Oroszország, buborék, elmélet

**ABSTRACT:** Russia owns capabilities regarded as A2/AD by the West, however she does not own such strategy. The capabilities themselves are often misunderstood, most probably their primary role is defence to decrease the effects of strategic attacks against the country and not establishing real area denial by creating „bubbles”.

**KEY WORDS:** anti-access/area denial, A2/AD, Russia, bubble, theory

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





2. ábra. Az orosz szárazföldi erők ugyan sokat fejlődtek, de az ukrajnai háború tapasztalatai alapján legfeljebb a saját országhatárunk közvetlen közelében képesek jelentősebb műveletekre [3]

tevékenysége képes felállítani egy tényleges jól működő A2/AD rendszert, amely során kinetikus és nem kinetikus csapásokat egyaránt alkalmaznak, illetve nagyon komoly és valós idejű ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, and Reconnaissance – Hírszerzés, megfigyelés, tűzér felderítés és felderítés) képességek is szükségesek.

Az A2/AD fogalom a 2000-es évek elején az amerikai szakirodalomban jelent meg, és az akkoriban felemelkedő Kínai Népköztársaság haditengerészeti és légvédelmi fejlesztéseire utalt, amelyek célja az Egyesült Államok erőinek távol tartása Kína parti vizeitől és légtérétől, valamint a fenyegetésük a Csendes-óceán nyugati medencéjében, beleértve az ott levő bázisokat, valamint flottakötelőket. Kína akkor még nem rendelkezett fejlett légierővel és haditengerészettel, ezért aszimmetrikus módszerekkel kívánta ellensúlyozni az amerikai erőket. Később a fogalmat más regionális hatalmak kapcsán is használni kezdték, és a 2010-es évektől a középhatalomból „első számú fenyegetés”-sé előlépő Oroszország kapcsán is egyre gyakrabban említették.

Oroszország kapcsán a „hibrid hadviselés” és a „Geraszimov-doktrína” mellett – amelyekről utólag kiderült, hogy valójában nem is léteznek, legalábbis a társított elképzelések szerint biztosan nem – az A2/AD használata sem helytálló. A témával kapcsolatban a szakértők mutatós és elgondolkodtató köröket rajzoltak fel az orosz erők települési helyei körül, jelezve a fegyverrendszerek lőtávolságát, amelyekkel előszeretettel ijesztgették az érdeklődőket, és a döntéshozókat.

Az olyan fegyverrendszerek, mint az Sz-400-as nagy hatótávú légvédelmi komplexum, az Iszkander-M harcászati ballisztikus rakéta igen imponáló tulajdonságait figyelembe véve önmagában is igazolni látták nem csupán a képességet, de a szándékot is. Mivel az oroszok sok tekintetben hasonló vagy épp azonos fegyverrendszereket alkalmaznak mint a kínaiak, ezért az a nézet alakult ki, hogy valószínűleg a doktrínájuk és stratégiájuk is megegyezik. [4]

Azonban – mint, ahogy Michael Kofman Oroszország-szakértő is rámutat – ilyen jellegű doktrínával és stratégiával az orosz fegyveres erők egyáltalán nem rendelkeznek, mi több, az orosz szakirodalomban a kifejezést is csak a nyugati képességek kapcsán használják. [5] Az „orosz A2/AD stratégia” sokkal inkább a Nyugat saját képének kivételése révén jött létre, pusztán egy-egy fegyverfajta képességeit alapul véve, azt feltételezve, hogy arra az oroszok komplett stratégiát építettek fel. Egy ilyen „stratégia vagy doktrína” célja pedig mi más lehetne, mint a támadás. Ezzel kapcsolatban a Balti-tenger térségének hadászati elemzése kapcsán arra a következtetésre jutottak, hogy a kalinyingrádi exklávéba telepített katonai erők és az A2/AD képességek azt a célt szolgálják, hogy a rakétaerő alatt az orosz haderő inváziót hajthasson végre a balti államok ellen, és megakadályozza a NATO légi és haditengerészeti erőit a térségben való beavatkozásban. Sőt, egyes elemzők szerint a Balti-tengeren lévő szigeteken is partra szállnak, és az odatelepített A2/AD képességekkel az egész térséget az ellenőrzésük alá vonják. [6] Megvizsgálva a kérdést, hogy miért hajtana végre Moszkva inváziót NATO-tagországok ellen – amely nagy valószínűséggel a III. világ-háborúba torkolna – és egyáltalán milyen nyereséget realizálhatna, gyakorlatilag ésszerű választ nem nagyon talá-lunk.

Megítélésem szerint az orosz haderő nem lenne képes egy hatékony inváziót végrehajtani a NATO-val szemben, ezt az ukrajnai invázió után joggal feltételezhetjük. Valószínűleg nem is az a célja, ezért az A2/AD képességek sem inváziók fedezésére szolgálnak, mint valami üvegbúra, amely leereszkedik a harctérre.

Ezek a – sokszor a valóságtól teljesen elrugaszkodott – feltételezések, gyakran mindkét irányban szélsőséges elfogultsággal is párosulnak. Egyik ezek közül, hogy egyetlen Sz-400-as egységgel Kalinyingrádban vagy a Krímben az oroszok egy áthatolhatatlan buborékot akarnak létrehozni, ahová ellenséges géppel berepülni, a biztos halált jelentené. Ha azonban ezt az egyetlen tűzegységet/tűzalegységet





**3. ábra. Az S-400-as jelenleg az egyik legkorszerűbb légvédelmi rendszer a világon. Alkalmazásának célja azonban nem a légtérzárás vagy rakétaernyő létrehozása a támadások támogatására [7]**

megsemmisítik, akkor gyakorlatilag a győzelem karnyújtásnyi távolságra kerülne. Ez alapján azonban egyes szakértők harcászati szintű kérdések alapján jutnak stratégiai szintű következtetésekre.

Ebből adódóan – meglátásom szerint – ez a nézet teljes félreértelmezésen alapul. Önmagában is komoly hiba, hogy gyakran elmulasztják az A2/AD képesség rendszerben történő tárgyalását, pedig a helyzet megítélésének pontosan ez lenne a lényege. Az egymást kiegészítő és átfedő fegyverrendszerek komplex kihívás elé állítják az ellenséget, megnehezítve, hogy a támadó könnyen képes legyen a védelem feltörésére, rövid idő alatt és elfogadható veszteségek mellett. Az olyan dokumentumokban, mint a „Bursting the Bubble” [8], a rendszer egyes elemeit külön kezelve, technikai paraméterek alapján állapítják meg annak erősségeit vagy potenciális sebezhetőségét. A másik véglet, amikor kijelentik, hogy gyakorlatilag az egész orosz arzenál hasznavehetetlen, és messzemenő következtetésekre jutnak egy-egy részinformáció vagy találgatás révén az „A2/AD rendszert” illetően. Azonban Oroszország esetében maga a rendszer sem létezik, legalábbis az oroszok – a rendelkezésre álló információk alapján – az alkalmazását egyáltalán nem úgy tervezik, mint ahogyan azt Nyugaton sokan elképzelik.

A félreértés azonban nem alaptalan, mivel Moszkva rendelkezik olyan képességekkel, amelyek a nyugati termino-

**4. ábra. Moszkvában úgy gondolják, hogy egy Nyugattal vívott háborúnak a kezdetén Oroszországot nagyszabású légi- és rakétatámadás-sorozat érné, amely döntően befolyásolná az ország túlélőképességét [9]**



lógia szerint kimerítik az A2/AD képességek kritériumait. Ráadásul ezek a képességei sok esetben kimondottan jelentősek, és – mint látni fogjuk –, a tervezett alkalmazásuk is hasonlóságot mutat azzal, amit A2/AD hadviselésnek nevezhetünk. Végigtekintve azonban ezek összetevőin, könnyű téves következtetésre jutni. Oroszország tehát rendelkezik A2/AD képességekkel, képes olyan műveletek végrehajtására, amelyek megfelelhetnek arra, hogy akadályozzák a hadszíntérhez történő hozzáférést és az azon belül folyó műveleteket. Oroszország azonban se A2/AD doktrínával, se ilyen stratégiával és rendszerrel nem rendelkezik. Alkalmazásuk alapvető célja szinte biztosan nem a területszerzés lenne. A lehetséges választ az orosz gondolkodásban és stratégiai helyzetben kell keresni.

### OROSZORSZÁG BIZTONSÁGI KÖRNYEZETE

A szovjet/orosz stratégiai gondolkodásra a történelem során komoly hatást gyakorolt a fenyegetettség és a bekerítettség érzése a teuton lovagoktól kezdve a tatárokon, a svédken és Napóleon seregén, valamint a krími háborún keresztül a polgárháború alatti igen korlátozott nyugati és japán intervenciókon, és az 1941-es német invázió után, a hidegháborús amerikai bekerítő stratégiáig.

A mindenkor orosz vezetés folyamatosan arra törekedett, hogy pufferzónákat hozzon létre. Mivel természetes határookra nem tudtak támaszkodni, ezért azt a távolságot kellett kitolni, amely a potenciális ellenségek és a stratégiai fontosságú területek között helyezkednek el. Ezért a Varsói Szerződés államai nem csupán felvonulási terepként szolgáltak a Szovjetunióknak egy lehetséges NATO elleni támadáshoz, de ütközőzónaként is, amely megóvhatta az országot a közvetlen csapások egy részétől, illetve egyben földrajzi gátat is képeztek. A szocialista blokk, és magának a Szovjetunióknak a szétesése az ütközőzóna elvesztésével is járt. A kelet-közép-európai államok azóta csatlakoztak a NATO-hoz, amely így egyre keletebbre tolta határait. Oroszország „ingerküszöbét” a keleti terjeszkedés valószínűleg már Grúzia NATO-közeledése kapcsán, de Ukrajna hasonló lépéseikor mindenképp átlépte, amikor már az orosz erők is beavatkoztak.

A keleti terjeszkedés az utolsó ütközőzónákat zúzta szét, szinte az orosz határig tolva előre az erőket. Emellett az Amerikai Egyesült Államok ballisztikusrakéta-védelmi rendszert telepített Romániában és Lengyelországban, amely az orosz nukleáris elrettentő képesség hitelességét fenyegeti<sup>2</sup>. Amerikai és más NATO-csapatok települtek a Baltikumra, rendszeresen megfordultak Ukrajnában és a Fekete-tenger térségében. Nem feledkezhetünk el a „színes forradalmakról” sem, amely nyugatbarát kormányokat állított fel az orosz befolyási övezeten belül. Ez történt Ukrajnában, és láthatóan történtek erre kísérletek Fehéroroszország esetében is, amellyel kapcsolatban Vlagyimir Putyin elnök kijelentette, hogy a nyugati beavatkozást itt már nem fogják tétlenül nézni – és Kazahsztán esetében látható is, hogy e döntésüket komolyan gondolják. Az orosz katonai doktrína pedig épp a fent említett eseteket nevezi meg a legfőbb kockázatok között. [10]

Moszkva meggyőződése, hogy fenyegetik, ezért az orosz stratégiát ennek tükrében kell vizsgálni. A stratégia alapvetően védelmi jellegű, még akkor is ha napjainkban ezt nehéz elhinni. Az Ukrajna elleni invázió lényege sem más, mint, hogy helyreállítsák a pufferzónát, és semlegesítsenek egy potenciális fenyegetést a közvetlen közelben. Nem valószínű, hogy az orosz hadsereg tovább akarna vonulni nyugatra, mert ez a haderő már nem a szovjet hadsereg.





5. ábra. A Pancir-Sz1-hez hasonló pontvédelmi rendszerekre jelentős szerep hárulna egy tömeges cirkálórakéta-támadás elhárításakor [11]

Az oroszok nem abból indulnak ki, hogy mi van, hanem, abból hogy mi lehet,<sup>3</sup> és nem zárják ki egy amerikai-NATO támadás lehetőségét az ország ellen. Az A2/AD kérdéskört ebből a perspektívából célszerű vizsgálni.

Ennek a feltételezett támadásnak Moszkva szerint az egyik legvalószínűbb formája a nem, vagy nem tisztán katonai eszközök koordinált alkalmazása lehet, amelyre Geraszimov – elhíresült cikkében – a „színes forradalmak”-ban és az arab tavaszban lát példát. [12]

A másik lehetőség egy fegyveres támadás az Oroszországi Föderáció ellen, amelynek legvalószínűbb formája, de mindenképpen nyitánya – tanulmányozva a Nyugat, és mindenekelőtt az amerikaiak által vívott háborúkat – az oroszok szerint egy tömeges légitámadás lehet. Ennek célja, hogy nagy területen párhuzamosan mérjenek csapást, előkészítve a terepet más haderőnek, illetve egy szárazföldi invázió számára. Ezzel a lehetőséggel már az 1970-es évektől<sup>4</sup> számolt a katonai vezetés. [13]

6. ábra. Az új Szu-34-eseket nagy számban rendszeresítették a légi- és a kozmikus erőknél, a gépek alkalmasak szárazföldi és haditengerészeti célpontok támadására is [18]



Az utóbbi elképzelés szerint a támadást hiperszonikus fegyverekkel kezdik, amelyet rakéták és cirkálórakéták, pilóta nélküli eszközök, majd ember vezette harci gépek követnek. [14] Az oroszok szerint az első két hullám fő célpontja a légvédelem rendszere, a katonai vezetés-irányítás, valamint a politikai vezetés lenne, majd a következő hullámok támadásait kiterjesztenék a katonai alakulatokra és az infrastruktúrára is. [15] Célja, hogy elpusztítsák vagy semlegesítsék a korai előrejelző rendszereket, a lég- és rakétavédelmet, az elektronikai hadviselési képességeket és a nagy hatótávolságú fegyverrendszereket. Csapást mérjenek a legfontosabb katonai és civil létesítményekre és a hadiiparra, szétzilálják a katonai és a civil közigazgatást, megbénítsák a közlekedési-szállítási rendszert. [16] A támadás egyszerre érintené a szárazföldi, a légi, a világűrben lévő, a tengeri és az információs műveleti tereket, és nagy szerepet kapnának a nagy pontosságú, valamint személyzet nélküli fegyverrendszerek és eszközök. A támadásban részt vevő alacsony észlelhetőségű gépek, valamint a kis magasságon közelítő rakéták rendkívül megnehezítenék a védekezést, és az első támadássorozat fázisai egy órán belül be is fejeződhetnek. Az orosz vezérkar szerint amennyiben nem sikerülne a légitámadások visszaverése és az ellenség képes lenne bénító hatást elérni az egyidőben végrehajtott csapássorozattal, akkor akár napokon belül is képes lehet céljai elérésére. [17] A szárazföldi támadás és a tengeri deszant műveletek csak a légvédelem, a rakéta- és a légi-kozmoszusi erők, valamint az elektronikai hadviselési csapatok semlegesítése után következhetnek. [16, 31. o.]

### AZ OROSZ A2/AD, VAGY VALAMI HASONLÓ...

Az orosz katonai vezetés nem tartja lehetségesnek, hogy egy ilyen nagyságrendű támadást képes lenne teljes mértékben feltartóztatni. Tisztában vannak a potenciális ellenfél képességeivel, ezért úgy gondolják, hogy egy olyan fejlett és erős hatalom, mint az Amerikai Egyesült Államok,



ha csapást akar mérni Oroszországra, akkor képes is lesz rá. Oroszország hatalmas területét amúgy is nehéz lenne megvédeni, mivel nagy térségeket kell lefedni – még orosz mértékben mérve is csak – korlátozott méretű erővel. A teljes védelem nem lehetséges, de valószínűleg nem is szükséges. A politikai-gazdasági (pl. Moszkva, Szentpétervár), katonai (pl. Kola-félsziget, Kalinyingrád), valamint egyéb szempontból releváns területek védelme azonban kiemelt fontosságot élvez, és a védelmet is ezen városok, területek köré koncentrálnak.

Emellett feltételezik, hogy az Egyesült Államok és szövetségesei lesznek az agresszorok, és mivel a kezdeményezés a támadóké – így a felvonulásra is békeidőben kerülne sor –, ezért ennek megakadályozása lehetetlen lenne. Az amerikai erők esetében a várható hadszíntéren jelentős erők állomásoznak állandó jelleggel Európában, valamint a Csendes-óceán nyugati medencéjében, ezért az A2 rész már nem valósulhat meg. Emiatt az A2/AD már nehezen értelmezhető, illetve maguk az oroszok is azért nem építettek erre doktrínát és különösképp nem stratégiát, mivel egyszerűen nem tartják reálisnak és kivitelezhetőnek. [5]

Oroszország katonai stratégiája az aktív védelmet képviseli. Ebben fontos szerepet játszik az elrettentés (hagyományos és nukleáris), amelybe beleértendő az erődemonstrációk, a fegyverkísérletek, a magas készenlét, az előretolt jelenlét, valamint az erők gyors áttelepítése is. Az ellenség döntéshozatalát akarják befolyásolni, amelynek eszköztárába beletartozhat olyan nem nukleáris csapásmérés is, ami akkora mértékű veszteséget okoz, hogy képes hatást gyakorolni a döntéshozókra. [15, 11. o.]

Felmerül a kérdés, hogy amennyiben bekövetkezik vagy küszöbön áll a támadás, és az orosz vezérkar eleve azzal számol, hogy nem tudja megállítani, akkor mit tehet? A válasz, hogy tompítja és felfogja annak erejét, hogy az minél kevésbé érintse Oroszország stratégiai fontosságú területeit. A védelem offenzív és defenzív műveletek koordinált sorozata, amelyek célja, hogy az ellenség harcképességét olyan mértékben csökkentse, hogy az általa végrehajtott támadások ne érjék el a kívánt eredményt, és a lehető legjobban megőrizzék az ország létfontosságú rendszereinek működőképességét, valamint megóvják az orosz fegyveres erőket. A cél mindeközben az, hogy az ellenség támadóerejének olyan súlyos veszteségeket okozzanak, amennyire csak lehetséges, és felőrölgék azt. [5] Ebben a fajta hadviselésben a területtartásnak és területfoglalásnak nincs jelentősége, a lényege ugyanis, hogy felfogják a támadás erejét. Bizonyos területek azonban nagy jelentőséggel bírhatnak, nyilván ilyenek a fontos adminisztratív, politikai és gazdasági központok (pl. Moszkva, Szentpétervár és a nagyvárosok). Vannak azonban kifejezetten katonai jelentőséggel bíró, háború esetén kiemelt fontosságú területek is. Ezek közé tartozik többek között Kalinyingrád és a Krím. Mindkét területen jelentős katonai erő, illetve védelmi és csapásmérő képesség koncentrálódik. Ezen területek jelentőségét az adja, hogy hozzáférést biztosítanak a tágabb térséghez, köztük a potenciális ellenfelek területén elhelyezkedő célpontokhoz. Emellett az ott lévő komoly katonai képességeket nem lehet figyelmen kívül hagyni egy európai háború esetén. Az odatelepített csapásmérő eszközök képesek pusztítani a hadszíntéren lévő, a műveletek



7. ábra. A Kilo-osztály dízel-elektromos tengeralattjárói hatékony partvédelemre lehetnek képesek, de alkalmasak szárazföldi csapásmérésre is [19]

sikerét közvetlenül befolyásoló célokat. Még ha az ellenség le is küzdi az odatelepült erőket, akkor is időt és erőket veszít, ezzel az ilyen területek alkalmasak az ellenség erőinek feltartóztatására, felőrlésére és az anyaország elleni támadás késleltetésére. Oroszország számára a Krím valószínűleg sokkal fontosabb Kalinyingrádnál, hiszen onnan nyílik hozzáférés a Földközi-tenger medencéjéhez, illetve közvetve onnan támogathatók a szíriai és újabban afrikai műveletek is.

Hasonlóan fontos területek például az úgynevezett „bástyák”. A kései hidegháborúban a technológiai fejlettség lehetővé tette, hogy a szovjet ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjárókról indított rakéták a hazai vizekről is elérjék az Egyesült Államok területét. Ekkor hozták létre az ún. „bástyavédelmet”, amely azt jelenti, hogy a Jeges-tengeren, a Barents-tengeren, valamint az Ohotszki-tengeren védett tereket alakítottak ki, ahol a rakéta-hordozó tengeralattjárók viszonylag biztonságban járőrözhettek, ezzel biztosítva a második csapás lehetőségét. [20] A szovjet flottának a '70-es évektől fő feladatává ezen bástyák védelme vált, hogy távol tartsák az amerikai és a NATO haditengerészeti és légi egységeit ezektől a vizektől. [21] Napjainkban ezek a bástyák ugyanúgy léteznek. Háború esetén az amerikai tengeralattjárók távoltartása kiemelt fontosságú, mivel a rakétahordozókra ezek jelentik a legfőbb fenyegetést. Továbbá az ellenség a tengeralattjárókról indított cirkálórakétákkal képes lehet meglepetésszerű támadásra akár nukleáris töltettel is, aminek különös jelentőséget ad, hogy erről a területről, vagyis a Sarkkörről lehet a legrövidebb úton elérni Oroszország középső területeit. A bástyavédelem a Sarkvidék biztonságpolitikai kérdéséhez is kapcsolódik. A Sarkvidék szintén stratégiai fontosságú területe Oroszországnak, katonai és gazdasági szempontból felértékelődését jelzi, hogy az orosz szárazföldön és az északi szigeteken felújított és újrainyitott bázisokra az ottani viszonyokra speciálisan felkészített katonai erőket, és az A2/AD körbe sorolt fegyverzetet telepítettek.

Az oroszok, már a szovjet időktől meglévő „Stratégiai Műveletek a Légi Támadás Visszaverésére” koncepció keretében tervezik a védelmet, amely védelmi és offenzív műveletek keverékét takarja. A koncepció részei a stratégiai légi műveletek; a stratégiai műveletek a kritikusan fontos célok elpusztítására; a nukleáris erők műveletei; a stratégiai műveletek a kontinentális hadszíntéren, és a stratégiai tengerészeti műveletek. Az erők felosztása nem haderőnemek vagy a különböző műveleti terek szerint történik, hanem a támadó és a védelmi feladatok szerint csoporto-



sítják őket. Nem tisztázott azonban, hogy háború esetén ki lenne a parancsnoka ezen összhaderőnemi műveleteknek. A szakirodalomban olyan vélekedések is olvashatók, hogy a stratégiai irányok miatt az adott katonai körzet parancsnoka koordinálná a felelősségi területén levő különböző haderőnemek műveleteit. [13, 5–7., 12–13. o.]

A tanulmány első részéből megismertük, hogy az A2/AD képességek kérdésköre valójában hol helyezkedik el az orosz katonai gondolkozásban. A sorozat további részeiben szó esik majd arról, hogy Oroszország A2/AD képességei milyen szerepet kapnak az ország aktív védelmi stratégiájában, ennek keretében a következő részben az offenzív műveletekről lesz szó, míg az utolsó rész a védelmi elemeket taglalja.

(Folytatjuk)

#### HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Forrás: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zapad-2017\\_exercise\\_Leningrad\\_oblast\\_04.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zapad-2017_exercise_Leningrad_oblast_04.jpg) (Letöltés: 2021.12.6.);
- [2] „DOD Dictionary of Military and Associated Terms” (Department of Defense; 2021) 17;
- [3] Forrás: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/60/T-72B3\\_mod\\_2016\\_at\\_the\\_Zapad-2017\\_exercise\\_03.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/60/T-72B3_mod_2016_at_the_Zapad-2017_exercise_03.jpg) (Letöltés: 2021.12.6.);
- [4] Aziz Erdogan Russian „A2AD Strategy and Its Implications for NATO” (2018), <https://behorizon.org/russian-a2ad-strategy-and-its-implications-for-nato/> (Letöltés: 2021.12.3.);
- [5] Michael Kofman, „It’s time to talk about A2/AD: Rethinking the Russian military challenge” *War on the rocks* 2019, <https://warontherocks.com/2019/09/its-time-to-talk-about-a2-ad-rethinking-the-russian-military-challenge/> (Letöltés: 2021.12.6.);
- [6] Loic Burton, „Bubble Trouble, Russia’s A2/AD Capabilities” *Foreign Policy Blogs* 2016 <https://foreignpolicyblogs.com/2016/10/25/bubble-trouble-russia-a2-ad/> (Letöltés: 2021.12.6.);
- [7] <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6d/Anniversary100YearsOld2018-07-01.jpg> (Letöltés: 2021.12.6.);
- [8] Robert Dalsjö, Christofer Berglund, Michael Jonsson, *Bursting the Bubble, „Understanding the Full Spectrum of the Russian A2AD Threat and Identifying Strategies for Counteraction”*; (FOI; Stockholm; March 2019).
- [9] <https://media.defense.gov/2016/Jun/10/2001551967/-1/-1/1/160609-F-QS677-359.JPG> (Letöltés: 2021.12.6.);
- [10] *The Military Doctrine of the Russian Federation, 2014*; <https://rusemb.org.uk/press/2029/>; (Letöltés: 2021.12.6.);
- [11] Forrás: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pantsir-S1\\_missile\\_system\\_on\\_%22Oboronexpo%22\\_in\\_2014\\_\(front\\_view\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pantsir-S1_missile_system_on_%22Oboronexpo%22_in_2014_(front_view).jpg) (Letöltés: 2021.12.6.);
- [12] Valerij Geraszimov „Value of Science Is in the Foresight: New Challenges Demand Rethinking the Forms and Methods of Carrying out Combat”, *Military Review* (January-February 2016), [https://www.armyupress.army.mil/portals/7/military-review/archives/english/militaryreview\\_20160228\\_art008.pdf](https://www.armyupress.army.mil/portals/7/military-review/archives/english/militaryreview_20160228_art008.pdf) (Letöltés: 2021.12.6.);

- [13] Dmitry Adamsky, „Moscow’s Aerospace Theory of Victory: Western Assumptions and Russian Reality, CNA, (Arlington, 2021) 4;
- [14] V. I. Stucsinszki, M.V. Korolkov, Пути противодействия реализации концепции США и НАТО; *ВОЕННАЯ МЫСЛЬ* 2021/7, p. 44;
- [15] Michael Kofman et al., „Military Strategy: Core Tenets and Operational Concepts” CNA, (Arlington, 2021) 22;
- [16] A.V. Homutov, Опротиводействии противнику в условиях ведения им «многосферных операций», *ВОЕННАЯ МЫСЛЬ* 2021/5, p. 35;
- [17] John A. Tirpak, „Strategy & Policy: The Russian Way of War” *Air Force Magazine* (2021) <https://www.airforcemag.com/article/strategy-policy-the-russian-way-of-war/> (Letöltés: 2021.12.6.);
- [18] [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/Air-to-air\\_with\\_Russian\\_Air\\_Force\\_Sukhoi\\_Su-34.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/Air-to-air_with_Russian_Air_Force_Sukhoi_Su-34.jpg) (Letöltés: 2021.12.6.);
- [19] Forrás: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9a/Kilo-Class\\_Russian\\_Submarine\\_MOD\\_45165129.jpg/1280px-Kilo-Class\\_Russian\\_Submarine\\_MOD\\_45165129.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9a/Kilo-Class_Russian_Submarine_MOD_45165129.jpg/1280px-Kilo-Class_Russian_Submarine_MOD_45165129.jpg) (Letöltés: 2021.12.6.);
- [20] *Combined Joint Operations from the Sea Centre of Excellence Conflict 2020 and Beyond: A Look at the Russian Bastion Defence Strategy, 2020*, Geir Arne Hestvik, 22 [http://www.cjoscoe.org/infosite/wp-content/uploads/2020/08/Conflict-2020-and-Beyond\\_A-Look-at-the-Russian-Bastion-Defence-Strategy.pdf](http://www.cjoscoe.org/infosite/wp-content/uploads/2020/08/Conflict-2020-and-Beyond_A-Look-at-the-Russian-Bastion-Defence-Strategy.pdf;);
- [21] Steven Wills, „A New Gap in the High North and Forward Defense Against Russian Naval Power” *Center for International Maritime Security*, 2018 július 17 <https://cimsec.org/a-new-gap-in-the-high-north-and-forward-defense-against-russian-naval-power/>, (Letöltés: 2021.12.7.).

#### JEGYZETEK

- 1 Lapunk egy éve közölte Dr. Kiss Álmos Péter, Dr. Kiss Roland, Vecsey Mariann e témában írt tanulmányát két részben. A napjainkban is zajló ukrán háború tapasztalatai azonban arra készítetik a kutatókat, hogy az orosz hozzáférést gátoló/területmegtagadó képességekről kialakított véleményeket továbbra is nyomon kövessék és elemezzék. A jelen tanulmány nem a Magyar Honvédség, hanem a szerző – a hivatkozott szakirodalomra támaszkodó – kutatói álláspontját tükrözi. (a szerk.)  
Dr. Kiss Álmos Péter, Dr. Kiss Roland, Vecsey Mariann.  
„Az Oroszországi Föderáció baltikumi A2/AD képességeinek és a NATO válaszlépéseinek elemzése I-II. rész” *Haditechnika*, 55. évfolyam, 4. szám, (2021) 27–32. <https://doi.org/10.23713/HT.55.4.05>; *Haditechnika*, 55. évfolyam, 5. szám, (2021) 27–31. <https://doi.org/10.23713/HT.55.5.05>.
- 2 Erre válaszul mutattak be az oroszok 2018-ban olyan új fegyverrendszereket, amelyek a rakétavédelem kijátszása érdekében születtek.
- 3 Az oroszok erre gyakran a német támadást hozzák fel példaként. 1933-tól nyolc év telt el, hogy a lefegyverzett Németország Moszkva alatt álljon.
- 4 A valóságban már az 1940-es évektől számoltak repülőgéphordozókról, valamint az Egyesült Államok kontinentális területeiről, az európai és csendes-óceáni bázisokról felszálló stratégiai bombázók atomcsapásával.





1. ábra. [44]

Dr. Gulyás Attila PhD\*

# Az 5. generációs telekommunikációs hálózatok fejlesztési irányai **I. rész**

## BEVEZETÉS

A vezetékes és a vezeték nélküli infokommunikációs hálózatok dinamikus fejlődése töretlenül folytatódik a 21. század második dekádjában is. Bár a leginkább elterjedt, a 4. generációs földfelszíni hálózatok nyújtotta szolgáltatások sem érhetőek el még mindannyiunk számára, máris használhatjuk az 5. generációs hálózatokat (5GN<sup>1</sup>), azok aktív elemeiként műholdas platformokat (pl. teszt jelleggel V-SAT eszközök), kézi rádiótelefonokat, okoseszközöket, amelyek – egyelőre – elsősorban a nagyvárosok földfelszíni mobilkommunikációs szolgáltatási palettáját színesítik. Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy a közeli jövőben (5–8 éves ciklusban) az 5GN átfogja a mobilkommunikáció minden szegmensét, az erősen urbanizált lakókörnyezetekből kiindulva – ahol a többfázisú antennarendszerek és bázisállomások, digitális kapcsolóközpontok telepítése hatékonyab-

ban megvalósítható – a gyéribben, vagy időszakosan lakott területek felé terjeszkedve [1]. Élelmes vállalkozások máris felismerték az egyre növekvő telekommunikációs igényt, azonosították a kialakuló rést a szolgáltatási palettán, azaz az 5GN alkalmazásának igényét a gyéribben lakott kisvárosi, a falusi vagy a szinte néptelen sivatagi és tengeri területeken, a civilizált világtól távoli és néptelenebb terepszakaszokra történő kiterjesztését, a szolgáltatási szint folyamatos emelésével (QoS)<sup>2</sup>.

A vezetékes és a vezeték nélküli infokommunikációs hálózatok evolúciójával számos kutatótársam foglalkozott és foglalkozik [2][3][4][5][6][7][8][9][10]. Értékes, nagy szakmai alaposággal kidolgozott tudományos közlemények, disszertációk, elemzések készülnek a modern távközlési hálózatok és az azokat alkotó elemek részletes leírásáról, a hardver- és a szoftverösszetevők műszaki alkalmazásáról [11][12][13][14]. Ugyanakkor viszonylag új szakmai terület annak vizsgálata,

**ÖSSZEFOGLALÁS:** Az 5. generációs vezetékes és vezeték nélküli hálózatok fejlesztésének kezdeti időszakában indokolt megvizsgálni az IMT-2020 ajánlásaiban megfogalmazott hálózati paraméterek elérését lehetővé tévő műszaki eljárásokat arra az esetre is előkészítve, amikor a műholdas szegmensből érkező jelsorozat feldolgozása is feladatként jelentkezik. E tudományos közleményben az 5. generációs hálózatok úrszegmensre történő kiterjesztésének egyes követelményeit vizsgálom.

**ABSTRACT:** In the advent of the 5<sup>th</sup> generation wire and wireless networks' development, it is advisable to elaborate the technical procedures available for the better understanding the network parameters designed in the IMT-2020 recommendations as well as considering the need of those in processing the signal sequence from the space segment. In this scientific essay, I will identify specific requirements for the extension of 5<sup>th</sup> generation telecommunications networks to the space segment.

**KULCSSZAVAK:** IMT-2020, 5GN, 5G NTN, műholdas szegmens

**KEY WORDS:** IMT-2020, 5GN, 5G NTN, satellite segment

\* Ezredes, Infokommunikációs főnök, NATO Közép-európai Hadosztály-parancsnokság, Székesfehérvár. ORCID: 0000-0001-5774-5757



1. táblázat. IMT-2020 hálózati paraméterek tervezése (A szerző szerkesztése a [23] alapján)

	Adat- átviteli sebesség (Gb/s)	Spektrum- hatékonyság	Mobilitás (km/s)	Késleltetés (ms)	Hálózati eszközök mennyisége (UE/km <sup>2</sup> )	Energia- felhasználás hatékonysága	Lefedettségi terület adatsűrűsége (Mb/s/m <sup>2</sup> )
IMT advanced (4G)	1	1	350	10	10 <sup>5</sup>	1	0,1
IMT-2020 (5G)	20	3	500	1	10 <sup>6</sup>	100	10

hogyan terjeszthető ki az 5GN a fentebb említett gyéren, vagy akár az egyáltalán nem lakott, esetleg látogatott területekre (óceánok, sivatagok, a Föld sarkvidéki területei stb.). Új vállalkozások, *startup*-ok alakulnak az 5GN kiterjesztése, a globális lefedettség igényének a kiszolgálására; a nem titkolt üzleti részesezés, a nagyobb profit elérése érdekében. Ezen erőfeszítéseket jól támogatja az infokommunikációs hálózatok egyik jelentős összetevője, az űrszegmens műholdas technológiáinak rakétaszzerűen felgyorsuló fejlődése, a rendelkezésre álló frekvenciák dinamikus alkalmazása, az átviteli csatornák jobb kihasználása, a digitális modulációs eljárások fejlődése azzal az igénnyel, hogy a Nemzetközi Távközlési Egyesület Infokommunikációs Szakcsoportjának (ITU-R<sup>3</sup>) hálózat-specifikáció-összefoglalóiban megfogalmazottak érvényre jussanak (IMT-A és IMT-2020<sup>4</sup>). [15][16].

Az 5GN-t a műholdtechnológiával ötvöző, azt az űrből (is) biztosító beruházásokban élenjárók az amerikai *startup*-ok, ahol tőkeerős polgári szerveződések máris átfogó tervekkel rendelkeznek a világűr ezen területen (is) történő meghódítására. A teljesség igénye nélkül, érdemes szót ejteni a *Lockheed Martin* (LM) által támogatott *Omnispace* *startup*-ról, amely az LM kiforrott műholdas technológiáját ötvözi a 3GPP<sup>5</sup> kompatibilis mobilhálózatok [17][18] nyújtotta szolgáltatásokkal, és a tervek szerint ebben az évben (2022) megkezdheti a szolgáltatásait. Említést érdemel a *OneWeb* *startup*, amely az *IntelSat* vállalattal szövetségben 650 darab új műhold beüzemelését tervezi [19]. A sajtóorgánumból talán mindannyiunk által a legismertebb *Elon Musk Starlink* projektje. A multimilliárdos mérnök, vállalkozó 2024-ig 42 000 darab, 5. generációs, mobilkommunikációra képes műholdat készül Föld körüli pályára állítani, a közjót szolgálni és – nem titkoltan – a saját üzleti részesezését növelni, ugyanakkor ezen óriási műholdmennyiséggel kiváltva a csillagászok ellenérzéseit is [20]. Nem utolsó sorban, érdemes említést tennünk nemzetközi szervezetek erőfeszítéseiről is: az *Európai Űrügynökség* (European Space Agency – ESA) évek óta egyeztet műholdipari vállalkozásokkal – elsősorban az európai szegmensben – az 5GN műholdkiterjesztésének megvalósításáról [21]. Ezen rövid felvezetést követően, e tudományos közleményben – hangsúlyozottan a teljesség igénye nélkül – az 5GN műholdkiterjesztésének egyes szignifikáns kihívásait kívánom bemutatni, az analóg és digitális jelterjedést, a jelvisszaverődés (Doppler) és ezek rendellenességeinek egyes kérdéseit helyezve a fókuszba.

### Az 5GN RÖVID ÁTTEKINTÉSE

Az 5. generációs hálózati követelmények részletezéséhez a legautentikusabb források az ITU-R hálózatspecifikáció összefoglalói, amelyeket a nemzetközi telekommunikációs fejlesztések irányának kijelölése érdekében fogalmaztak meg, kutatási-fejlesztési célokra létrehozott polgári vállalkozásokkal támogatva.

Az 5GN-nel szemben támasztott követelményeket vizsgálva kitűnik, hogy azok felülről nem korlátosak, azaz nem kerül

pontosan meghatározásra a maximálisan elérhető adatátviteli sebesség/sávszélesség viszonya, a jelkésleltetés időintervalluma. Ajánlások készültek a jelenlegi (GSM/GPRS/EDGE/UMTS/LTE-A/IEEE802.11 szabványcsalád<sup>6</sup>) műszaki paramétereinek többszörözésére. Ezen tényből egyenesen következik az alkalmazott műszaki megoldások széles tartományon belül megvalósítható, szabad kiválasztásának lehetősége. Az ajánlások, az LTE-A hálózati paraméterekre támaszkodva az adatátviteli sebesség növelését a gyakorlatban mérhető 10–50 Mb/sec-ről néhányszor 10 Gb/sec értékre, a jelkésleltetési időintervallumot 70–50 ms-ról 10–1 ms-re (vagy annál kisebbre) vizionálják. A hálózati végfelhasználói eszközök (UE<sup>7</sup>) számát az LTE-A hálózatokhoz képest – a felhasználói igények kielégítésére – százszorozni indokolt, azok akkumulátorkapacitásában, azaz az akkumulátorok üzemidő-hosszában legalább tízszeres javulást kell (javasolt) elérni [22]. E fenti fejlesztések megvalósulása esetén jelentősen felgyorsulnak a Tárgyak Internete<sup>8</sup> és a Gép-Gép<sup>9</sup> összekapcsolások, a szenzorhálózatok integrációi, az okoseszközök (okosházak, önzetető/autonóm munkagépek, gépjárművek és funkcionális robotok) adatszerői is. Az 1. táblázatban az IMT-2020 ajánlásoknak megfelelő 5GN rendszerparaméterek követhetők figyelemmel.

Ugyanakkor az IMT-2020 felhívja a figyelmet az IEEE 802.11 [24] szabványcsalád, a *Bluetooth* és a *WiMAX*<sup>10</sup>, a *ZigBee* és a *LoRaWAN*<sup>11</sup> [25][26][27][28] hálózatok integrációjára a helyi (LAN<sup>12</sup>) és a szélesebb körben értelmezett (WAN<sup>13</sup>) hálózatok által nyújtott adatátviteli szolgáltatások kihasználása érdekében. Érdemes említést tenni az IEEE 802.11 ax szabványról (ismert még, mint hatodik generációs WiFi-szabvány – *WiFi6*), amely biztosítani képes az IMT-2020-ban meghatározott ajánlásoknak megfelelő adatátviteli sebességet, átviteli sávszélességet és jelkésleltetést, magasabb rendű amplitúdómodulációt (legalább 1024-szeres *QAM*<sup>14</sup>) és többszörözött frekvencia-újrafelhasználást alkalmazva [29].

Frekvencia-felhasználás és management szempontjából e megnövekedett hálózati igények határozottan indokolják a végesen rendelkezésre álló rádiófrekvenciás spektrum elosztásának növekedésével jelentősen fejlesztendő sávszélességet. Az ajánlás tartalmazza a többszöröződő UE-k azonos cellában történő megjelenését kielégítendő, speciális antennarendszerek telepítésének az igényét, fejlett modulációs eljárások kidolgozásával. A nagy sávszélesség-igény kielégítésére – többek között – többfázisú antennák (MU-MIMO<sup>15</sup>), analóg-digitális átalakítók (ADC<sup>16</sup>) és fázismodulációs eljárások alkalmazandók.

Belátható, hogy az IMT-2020 ajánlások alapján tervezett és Európa több nagyvárosában, így hazánk fővárosában és néhány nagyobb városában máris üzemelő 5G hálózatok e földi szegmensben integrálják a már meglévő vezeték- és vezeték nélküli hálózatok átviteli képességeit. Ugyanakkor a kiaknázható újabb frekvenciatartományok, a modulációs eljárások evolúciója, az ezeket hatékonyan támogatni képes hardver- és szoftverelemek kialakítása új, a régi és az újabb hálózatok integrációjából származtatható hibrid hálózatot fog eredményezni, amelynek a műholdas



szegmens is integráns része lesz. Más megközelítés alapján, logikailag a földfelszíni 5G hálózathoz illeszthető a műholdas szegmensből érkező analóg/digitális jelsorozatok feldolgozási igénye, amely a bolygónk felületétől történő távolság függvényben, a jeltovábbítás és a visszaverődés (földfelszíni és műholdas), a reflexiók sajátosságai miatt különleges figyelmet igényel. Ezen összetett hálózatoknak a fejlesztése jelentős tudományos befektetést kíván annak érdekében, hogy az ajánlásokban meghatározott műszaki paraméterek teljesülhessenek.

## ALAPFOGALMAK, DEFINÍCIÓK

Tekintsük át, melyek az 5GN és a műholdas szegmens korrelációjából álló összetett hálózatunk (5G NTN<sup>17</sup>) összetevő elemei annak érdekében, hogy az IMT-2020 ajánlásban megfogalmazott 5GN hármass követelményrendszere teljesíthetővé váljék. Ezek a következők: a vezeték nélküli rendszer jelátviteli sebességének és sávszélesség-növelésének (eMBB<sup>18</sup>) lehetővé tétele, M2M/IoT hálózatok kiemelt támogatása (mMTC<sup>19</sup>) és rövid jelkésletelési időablakok (uRLLC<sup>20</sup>) tervezése [30]. A témakör mélységében vizsgálódva, az elektromágneses (EM) spektrum hatékonyabb felhasználása tekintetében elsősorban a modulációs eljárás helyes megválasztása (jel/impulzus alakjának a megfelelő szűrőáramkörökkel történő körültekintő tervezése) szerez izgalmas kihívásokat a mérnökök számára azzal a számvetéssel, hogy az impulzusokat elválasztó, a frekvencia- és időtartományban is meghatározható sávok (elválasztó területek) csökkenthetik az EM-spektrum optimális felhasználását. Az LTE-A üzemeltetésének a tapasztalatai megmutatták, az EM-spektrum optimális felhasználását támogathatja a többfázisú antennák üze me, ugyanakkor figyelemmel kell lenni a magasabb szintű modulációk alkalmazásából egyenesen következő rendszerkomplexitás növekedésére, amely ésszerű korlátok között tartása műszaki alapkövetelmény a tervezőmérnökök számára. A körültekintő jelformakialakítás, a rövidebb adattovábbítási időkeretek (TTI<sup>21</sup>) támogatják az alacsony jelkésletelési időintervallumokra (1 ms) való törekvést. Magas megbízhatóságú adatátvitel, mint kitétel az 5G NTN esetében, a bithibák számának a minimalizálásában jelenik meg (BER és BLER<sup>22</sup>), amely szorosan kapcsolódik a jelkésletelési időintervallum leshorításához, hiszen a kisebb arányban meg-

jelenő bittévesztés jelentősen felgyorsítja a jelfeldolgozást a vételi oldalon [31].

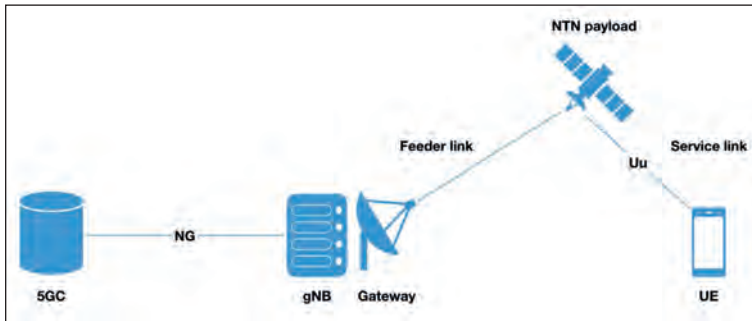
Frekvencia-felhasználás és a management szempontjából e megnövekedett hálózati igények indokolják a végesen rendelkezésre álló rádiófrekvenciás spektrum elosztásának újratervezését, kibővítését, integrálva a jelenlegi LTE-A és a korábbi vezeték nélküli hálózati szabványok által használt, elfoglalt frekvenciatartományok felhasználását, valamint új spektrumkomponensek elsődleges (inkumbens) vagy eseti (opportunistikus), de folyamat-megközelítés szempontjából koherens alkalmazásával. A frekvencia-felhasználás és az üzemmód választások területén is előtérbe helyeződnek a kognitív eljárások és be rendezések, amelyek a hálózat(ok) folyamatos monitorozásával képesek a saját, és ezen keresztül a hálózati paraméterek folyamatos módosítására annak érdekében, hogy az adott hálózatra előirt QoS teljesüljön. Ennek megfelelően az LTE-A fejlesztésekor, alkalmazásakor már az 1980-as évek vége óta használatban lévő 900/1800/2100 MHz frekvenciatartományok (csatornák távolsága 1,4–20 MHz közötti) felhasználása kiegészül a 700 MHz, a 3,4–3,8 GHz, a 24,25–27,5 GHz és a 31,8–33,4 GHz (milliméteres) frekvenciatartományokon történő üzemmel a földfelszínen üzemeltetett hálózatelemek között. Ezen frekvenciatartományokat szükséges kiegészíteni az 5G NTN műholdas szegmensében, elsősorban a műhold-műhold (SAT-SAT<sup>23</sup>) vagy földfelszíni bázisállomás (gNB<sup>24</sup>)/átjátszó (Gateway GW), vagy a műhold-felhasználói terminál (pl.: V-SAT vagy kézi rádiótelefon – UE) között alkalmazott frekvenciatartományokkal (S-sáv<sup>25</sup> és Ka-sáv<sup>26</sup>) [32] [33].

Az 5G NTN összetett hálózat jellemző hardverelemeinek bemutatása az első lépcsőfok annak érdekében, hogy átfogó képet kapjunk e komplex hálózat működéséről, amellyel szemben feladatként tűzhető ki, hogy legyen a megfelelő szinten ellenállóképes (*resilient*), felépítésében kövesse a fokozatosság és a felcserélhetőség elvét (*scalability*) és rendelkezésre állásában (*availability*) biztosítsa a nagysebességű adatátvitelt a bevezető részben részletezett földrajzi helyeken, a feladatok támogatására. A legautentikusabb forrásként idézzük fel a 3GPP vállalkozás kutatási eredményeit annak érdekében, hogy részletes és pontos meghatározásokkal tudjunk szolgálni az olvasóknak és kutatóknak. A 3GPP TR 38.811 v15.4.0 Technical Report (Rel.15-2020) alapján, az alábbi hálózati elemek, kapcsolatok azonosíthatók (2. táblázat) [34].

2. táblázat. 5G NTN hálózati elemei (A szerző szerkesztése a [34, p. 17.] alapján)

Terminál/funkció	Leírás
NTN terminal (UE)	Végfelhasználói terminál, UE (V-SAT vagy kézi rádiótelefon/okostelefon).
Space/Airborne platform (SAP)	Az űrszegmensben (Space), vagy az ionoszférába telepített (Airborne) rádiófrekvenciás sugárzó eszköz: GEO/MEO/LEO műholdak, ionoszféra ballonok, pilóta nélküli repülőeszközök (HAPS <sup>27</sup> ).
SAP Bent pipe/Transparent payload	Adatátviteli csatorna adatcsomag-feldolgozó képessége rádiófrekvenciás szűrésre, frekvencia átalakításra és jelerősítésre.
SAP Regenerative payload	Adatátviteli csatorna adatcsomag-feldolgozó képessége rádiófrekvenciás szűrésre, frekvencia-átalakításra és jelerősítésre, modulációra-demodulációra és kódolásra. Megfeleltethető SAP gNB-nek is.
Service link	Rádiófrekvenciás adatátviteli kapcsolat UE és egy adott SAP között. Az UE kapcsolódhat SAP-hoz és/vagy földfelszíni 5GN-hez egyaránt.
Inter satellite/aerial link ISL	SAP-ok közötti rádiófrekvenciás adatátviteli csatorna.
Gateways GW	SAP és földfelszíni 5GN kapcsolatot biztosító kapcsoló-összekötő elemek.
Feeder link FL	Gateway és SAP közötti rádiófrekvenciás adatátviteli csatorna.





2. ábra. 5G NTN hálózati architektúra (Transparent payload) (A szerző szerkesztése a [36 p. 3.] alapján)



3. ábra. Műholdas kommunikációt ábrázoló grafika (Forrás: Airbus, az Airbus Helicopters engedélyével)

A jelátviteli sebesség maximumának, de legalábbis az adott hely és idő függvényében megközelíthető optimumának elérése érdekében fontos figyelembe vennünk az 5G NTN hálózat sávszélességeinek a rendelkezésre állását. Széles sávú adatátvitelről (*service link, broadband access networking*) beszélhetünk elsősorban a SAP és UE terminálok közötti relációban. Földfelszíni UE (pl. V-SAT) eszközünk lehet statikusan telepített vagy mozgó, pl. gépjárműplatformra alkalmazott antenna- és berendezésrendszer. Ez esetben a széles sávú adatátvitel (műholdas sugárzás esetén) az 50 Mb/s-tól a 100 Mb/s-ig mérhető, de akár az 1–5 Gb/s átviteli sávszélesség (ionoszféra platformról) is elérhető (letöltés – *downlink* – esetben). A széles sávú átvitelhez természetesen magasabb *downlink* frekvencia párosul, amely minden esetben meghaladja a 6 GHz-et. Keskeny sávú (*narrow&wide band access networking*) esetében az UE körsugárzó (*omnidirectional*) vagy részben irányított antennarendszerrel rendelkezhet, 1–2 Mb/s a *downlink* sávszélessége és a felhasznált frek-

vencia-tartomány 6 GHz-nél kisebb [35]. Az 5G NTN hálózati összetevők feldolgozásához nyújt vizuális segítséget az 2. ábra.

A műholdas és ionoszférikus platformokat vizsgálva érdemesnek tartom áttekinteni, milyen lehetőségek állnak rendelkezésre a jelátvitelre/vételre ebből a szegmensből, hiszen ezen platformok telepítési magassága, keringési idejük és az általuk besugárzott (lefedett) terület – akár együttműködésben az 5GN földfelszíni platformjaival, vagy attól elkülönülten – biztosíthatják a szükséges hálózati lefedettséget a földfelszíni 5GN lefedettségi tartományán kívül is.

A GEO<sup>28</sup>-műholdak földfelszín feletti keringési magassága megközelítőleg 36 000 km, úrpályájuk (*trajectory*) alapján szinkron keringenek bolygónkkal, így a földfelszínről szemlélve rögzítettnek tűnnek. Lefedettségi területük (*beam footprint*) 200–3500 km [37]. A MEO<sup>29</sup>- és LEO<sup>30</sup>-műholdak kisebb pályamagasságokon kerülnek telepítésre. Miután a keringési idejük rövidebb, mint 24 óra, ezzel együtt lefedettségi tartományuk is kisebb, 100–1000 km közötti tartományba tehető. Az ionoszférába telepített légi platformok (UAS<sup>31</sup>/HAPS) csatlakoztatva magában foglalhat bármely ember által felbocsátott, közvetlenül ember által irányított vagy pilóta nélkül üzemeltetett repülőeszközt (drónok, ballonok, merev szárnyú légi járművek), amelyet telekommunikációs céllal telepítenek egy-egy földrajzi terület fölé, vagy helyeznek el a Föld körüli (ionoszférikus) pályán [38]. Lefedettségi területük nagyban függ a

telepítési magasságuktól, amely általánosságban 5–200 km. A 3. táblázat áttekinthető módon mutatja be ezen platformok pálya- és egyéb adatait.

A SAP-ok légköri vagy űrbéli telepítési magassága jelentős hatással van az adó- és vevőegységek, az egyéb hálózatelemek adathozzáféréseire, figyelemmel az elektromágneses hullámterjedés fizikai szabályaira ( $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ) és a hálózatelemek adatfeldolgozásának az idejére mind *Transparent*, mind *Regenerative payload* módokban.

Fontos megemlíteni, hogy a földfelszínről a műholdakra történő rálátás szögértéke (*Elevation Angle EA*) vitális az analóg/digitális adatcsatorna felépülése és fenntartása érdekében. Az EA legkisebb értéke – általánosságban – 10° UE esetében és 5° a GW számára. A gyakorlatban a műholdas szegmens és az UE-k közötti adatcsatorna elsődlegesen frekvencia-multiplexelést (FDM<sup>32</sup>) alkalmaz, kisebb mértékben az időmultiplexelést (TDM<sup>33</sup>) a gyakorlat [40]. A földfelszíni jelcsillapítás az UE (V-SAT vagy kézi rádiótelefon) és a SAP között új értelmezést nyerhet, hiszen az

3. táblázat. 5G NTN platformok (A szerző szerkesztése a [39, pp. 165 - 181.] alapján)

Platform	Telepítési magasság	Pálya	Lefedettség	Keringési idő
GEO-műhold	35 786 km	Földfelszínhez képest rögzített	200–3500 km	Földdel azonos
MEO-műhold	7000–25 000 km	Ellipszis pálya	100–1000 km	1,5–10 h
LEO-műhold	300–1500 km	Ellipszis pálya	100–1000 km	1,5–10 h
UAS	8–50 km (Ionoszféra)	Szélesség/hosszúság alapján rögzített	5–200 km	N/A
HAPS	~20 km	Szélesség/hosszúság alapján rögzített	5–200 km	N/A



analóg/digitális jelfolyamok a világűrben szinte csillapítás és elhajlás nélkül terjednek a légüres terekben (gravitációs terek hiányában, az interstelláris térben), ugyanakkor amint belépnek az ionoszférába, ott a fizika tudományában megismert általános szabályok alapján törnek meg, hajlanak el. Figyelemmel kell lenni a SAP és az 5GN földfelszíni sugárzásból érkező jelek terjedési idejére (*Propagation timings/delays*) és korrelációjára, a többutas terjedésre, az elektromágneses reflexiókra, amelyek mind-mind az UE-k és a gNB és GW közötti elektromágneses összekapcsolódást nehezítik meg (*multipath* jelérzékelés), és a hálózati elemeknek képesnek kell lenniük a hibahatárokon belüli jelátalakításokra, jelfeldolgozásra [41]. Ezen jelátalakulások figyelembevételével tervezték meg az 5G NTN hálózatelemek hardver és szoftver összetevőit. Az impulzussorozatok terjedési idejének illusztrálásához a 4. táblázatban bemutatom egy – GEO-műhold alkalmazásakor – jellemző jelkésleltetési időket, egyutas terjedéssel kalkulálva.

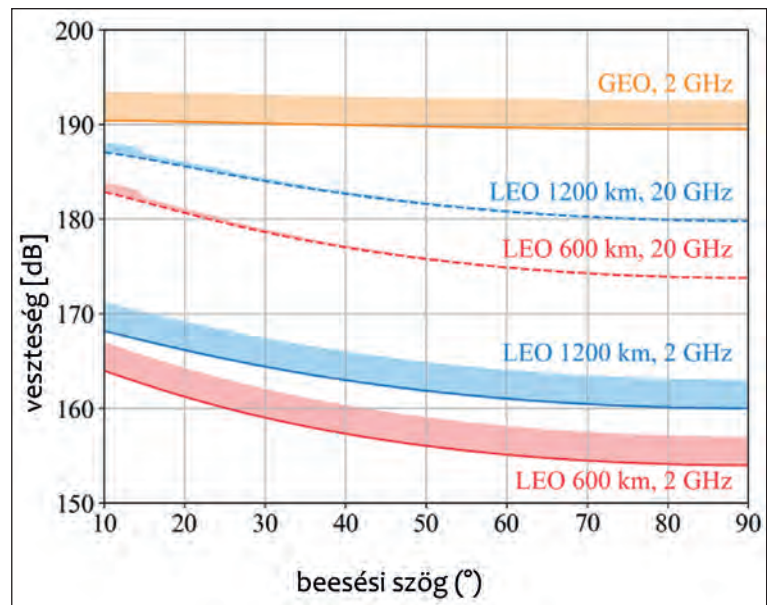
Látható a több száz milliszekundumos késleltetési időkből, hogy az információ alapjait hordozó bitek sorozatai jelentős időt „utaznak” a kibocsájtó- és a feldolgozóegység között, amely többszörös (*round trip time*) impulzuscseré esetén elérheti az 500 ms-os értéket is. Ezen terjedési út folyamán a fent vázolt hatásokkal kell számolni, amelyre a feldolgozóegységeknek fel kell készülniük. Fontosnak tartom megemlíteni, hogy a forgalmazott adatok biztonságára is kiemelt figyelmet kell fordítani (COMSEC<sup>34</sup>, INFOSEC<sup>35</sup>), amely további komputációs időt von el a feldolgozóegységekben, amely hozzáadódik a jelfeldolgozási időhöz (*Signal processing timings*) [42].

Annak érdekében, hogy a jelfeldolgozáshoz a minimális szinten elegendő teljesítménnyel érkezzenek be az adó- és a vevőegységbe az impulzussorozatok, pontos tervezést követően az alábbi hardverparaméterek biztosítása szükséges. V-SAT terminál esetében – általános technikai paraméterként – kijelenthetjük, hogy a kimenő teljesítmény 2 W (33 dBm<sup>36</sup>) 60 cm antenatükör alkalmazásakor, az antenna nyereségértéke 43,2 dBi<sup>37</sup> (Tx<sup>38</sup>) és 39,7 dBi (Rx<sup>39</sup>), cirkuláris polarizáció mellett [43]. Kézi rádiótelefon esetében 200 mW (23 dBm) teljesítménnyel kalkulálhatunk körsugárzó/körvevő (*omnidirectional*) antennát alkalmazva, lineáris antenna polarizációt alkalmazva. Annak bemutatására, hogy megismerjük a földfelszíni UE által feldolgozandó csatornaveszteséget a beesési szög függvényében, az elektromágneses jelabszorpciót a 4. ábrán szemléltetem.

Az ábrából követhető, hogy a nagy beesési szög SAP és UE esetén, frekvenciafüggően ugyan és kisebb mértékben, de csökkenthető a csatornaveszteség. GEO esetében ez közel állandó, hiszen a geostacionárius műholdak<sup>40</sup> a földfelszínhez képest rögzített helyzetűek, így – elméletben – csak az UE-k mozoghatnak a földfelszínen, azaz a beesési szög a felhasználók által optimalizálható. A csatornaveszteségnek a beesési szögekhez való viszonya kiemelt hangsúlyt kap a napi életünk folyamán, amikor – valós körülmények között – figyelembe kell vennünk, hogy mind a SAP, mind az UE folyamatosan mozog, a műholdas szegmensből és a földi szegmensből érkező impulzussorozatok az UE-gNB-GW eszközöknek fel kell dolgozniuk úgy, hogy az ITU-ajánlásokban megadott válaszütemek és a hálózat

4. táblázat. Jelkésleltetési idők (A szerző szerkesztése a [34, p. 28.] alapján)

GEO-műhold 35 786 km			
Eleváció	Kapcsolat (Adó-vevő path)	Jelsorozat által megtett út (km)	Idő (ms)
UE 10°	SAP-UE	40 586	135,286
GW 5°	SAP-GW	41 126	137,088
90°	SAP-UE	35 786	119,286



4. ábra. A csatornaveszteség és a beesési szög bemutatása [36, p. 2.]

rendelkezésre állásra, a katalogizált sáv szélességek és fel- és letöltési sebességek biztosítva legyenek. Belátható, hogy ez nem kis feladatot ró a hálózattervező, valamint az 5G NTN infrastruktúrát napi szinten üzemeltető mérnökökre.

A következőkben a hullámterjedés és a jelfeldolgozás többszereplős egyenletrendszeréből kiemelve, az elektromágneses jelterjedésben megjelenő Doppler-hatást vizsgálom annak érdekében, hogy rámutassak a *multipath* terjedés és a jelkésleltetési időkből származó anomáliákra.

(Folytatjuk)

#### HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Kalocsai Zoltán, „Szigetszerű terjeszkedéssel bővül a hazai 5G lefedettség” *IT Business* 2020. október 31. (Letöltés: 2020.1.30.);
- [2] Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s), document ITU-R M.2410-0, 2017;
- [3] H. Kaushal and G. Kaddoum, „Optical Communication in Space: Challenges and Mitigation Techniques,” in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 19, no. 1, pp. 57-96, Firstquarter 2017, doi: 10.1109/COMST.2016.2603518;
- [4] 3GPP Release 15: Technical specifications TR 21.915, December 2018, p. 17. In: <https://www.3gpp.org/release-15> (Letöltés: 2021.12.30.);

- [5] J. Liu, Y. Shi, Z. M. Fadlullah and N. Kato, „Space-Air-Ground Integrated Network: A Survey,” in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 20, no. 4, pp. 2714-2741, Fourthquarter 2018, doi: 10.1109/COMST.2018.2841996;
- [6] 3GPP TR 36.763, Study on Narrow-Band Internet of Things (NB-IoT) / enhanced Machine Type Communication (eMTC) support for non-terrestrial networks (NTN), V0.0.1, January 2021;
- [7] Károly Krisztián, Németh András, „The Possibilities of Supporting the Public Functions with Fleet and Force Tracking Systems” *AARMS – Academic and Applied Research in Military and Public Management Science* Vol. XVIII no. 3 (2019): 55–67 DOI: 10.32565/aarms.2019.3.5;
- [8] Németh András, Károly Krisztián, „Erőkövetés megvalósításának lehetőségei korszerű harcászati rádiórendszerek kommunikációs csatornáin” *Honvédségi Szemle* 145. évf. 4. szám (2017):120–131.;
- [9] Németh András, Károly Krisztián, „Korszerű rövidhullámú harcászati rádióeszközök erőkövető rendszerekben való alkalmazhatóságának vizsgálata” *Honvédségi Szemle* 144. évf. 6. szám (2016): 65–78.;
- [10] Károly Krisztián, „A TETRA AVL szolgáltatás katonai alkalmazásának aspektusai” *Honvédségi Szemle* 144. évfolyam 1. szám (2016): 130–143.;
- [11] Cinkler Tibor, „5G hálózatok architektúrája” *Híradástechnika* folyóirat LXXI évfolyam (2016): 40–44.;
- [12] Dr. Pap László, „Az új mobil technológiák – az LTE és a kognitív rádió alkalmazások műszaki összefüggései, hatásai” Pro-M Zrt. előadás, (2014. október 26), 12–18.;
- [13] ITU Radio communications Study Group: IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, Document 5/BL/22-E, (21 July 2015), 18–21.;
- [14] IEEE 802.11: Wireless Local Area Network standards, March 2020, <http://www.ieee802.org/11/#>, (Letöltés: 2020.1.12.);
- [15] ITU-R: Recommendation ITU-R M.2021-3 (IMT-Advanced) (January 2018): 4–23.;
- [16] ITU-R: Recommendation ITU-R M.2021-4 (IMT-Advanced) (November 2019): 16–23.;
- [17] Somogyi Orsolya, „Egyre húzó a műholdas mobil-szolgáltatás területe” *Magyar Nemzet* 2021. április 3., <https://magyarnemzet.hu/gazdasag/2021/04/egyre-huzik-a-muholdas-mobil-szolgalatas-terulete>;
- [18] 3GPP <https://www.3gpp.org/> (Letöltés: 2022.1.10.);
- [19] OneWEB <https://oneweb.net/> (Letöltés: 2022.1.7.);
- [20] SpaceX <https://www.starlink.com/> (Letöltés: 2022.1.7.);
- [21] Európai Űrgyűnökség (ESA) <https://www.esa.int/> (Letöltés: 2022.1.7.);
- [22] NATO Science & Technology Organization. „Science & Technology Trends 2020-2040,” March 2020, 6–19.;
- [23] ITU Radio communication Study Group: IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, Document 5/BL/22-E, 21 July 2015, 18–21.;
- [24] Károly Krisztián, „Szenzorhálózatok adatainak integrálási lehetőségei a perspektivikus erőkövetési rendszerekbe, különös tekintettel az egyéni egészségügyi adatokra” *Hadmérnök*, 14. évf. 1. szám (2019. március) DOI 10.32567/hm.2019.1.21;
- [25] Károly Krisztián, „LoRaWAN-technológia felhasználási lehetőségei a katonai alkalmazások tükrében” *Hadmérnök* 14. évf. 3. szám, (2019) DOI 10.32567/hm.2019.3.9;
- [26] WiMAX Mobile Task Group IEEE 802.16e, <https://www.ieee802.org/16/tge/> (Letöltés: 2022.1.11);
- [27] „Mi az a ZigBee?” *Eletokosan.hu*, In: <https://eletokosan.hu/mi-az-a-zigbee> (Letöltés: 2022.1.22.);
- [28] „LoRa Alliance” LoRaWAN <https://lora-alliance.org/about-lorawan/> (Letöltés: 2022.2.1.);
- [29] Dr. H Mohammed, „QAM is rising: 1024 QAM and beyond” *Microwave RF*, 2014 április 17. <https://www.mwrf.com/technologies/systems/article/21845619/qam-is-rising-1024qam-and-beyond> (Letöltés: 2022.1.2.);
- [30] IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, In: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-!!!PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-!!!PDF-E.pdf) (Letöltve: 2021.12. 30.);
- [31] Lipovac: Modelling OFDM irreducible BER with impact of CP length and CFO in multipath channel with small delay dispersion, *Wireless Communications and Mobile Computing* 2016 Vol 06 Issue 09, ISSN 1530-8669, In: <https://art1lib.org/book/56162100/323c60> (Letöltve: 2021.12.28.);
- [32] 4g advanced: 4G LTE Advanced - What you need to know about LTE-A, In: <https://www.4g.co.uk/4g-lte-advanced/> (Letöltve: 2021.11.30.);
- [33] Yang, Yu: Multibeam Antenna Technologies for 5G Wireless Communications, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Volume: 65, Issue: 12, Dec. 2017, pp. 6231 – 6249, In: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7942144> (Letöltve: 2022.1.1.);
- [34] 3GPP Study on New Radio (NR) to Support Non Terrestrial Networks; document TR 38.811, Release 15.4.0 September 2020.;
- [35] Hong, Kang: Adaptive buffering scheme for streaming service in intersystem handover between terrestrial and satellite systems, *IEEE Int. Symp. Consum. Electron.*, April 2008, p. 3.;
- [36] Linn, Rommer: 5G from Space: An Overview of 3GPP Non-Terrestrial Networks, *IEEE Communications Standards Magazine* Volume: 5, Issue: 4, December 2021, DOI: 10.1109/MCOMSTD.011.2100038, p. 03; <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9579443> (Letöltve: 2021.12.31.);
- [37] European Space Agency ESA hivatalos Internetes oldala: Types of Orbits, In: [https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Transportation/Types\\_of\\_orbits](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits) (Letöltve: 2022.2.12.);
- [38] Christopoulos, Chatzinotas, Ottersten: Multicast multigroup precoding and user scheduling for frame-based satellite communications, *IEEE Transactions Wireless Communications* Sep. 2015, Vol. 14, no. 9, p. 4702-4707;
- [39] Rinaldi, Torsner, Pizzi, Andreev: Non-Terrestrial Networks in 5G & Beyond: A Survey, *IEEE Access* Vol 8 2020, p. 165181;
- [40] 3GPP: TR 22.822 Study on using satellite access in 5G V16.0.0, August 2018.;
- [41] 3GPP TSG-RAN Meeting: RP-193235 Study on NB-IoT/eMTC support for non-terrestrial network #86, December 2019.;
- [42] Lin: 5G New Radio: Unveiling the essentials of the next generation wireless access technology, *IEEE*



[43] *Communications Standards Magazine* September 2019. Vol. 3, no. 3, p. 33–35.;  
VIASAT vállalkozás internetes oldala, In: <https://www.viasat.com/products/terminals-and-radios/>  
(Letöltve: 2022.1.2.);

[44] Forrás: [https://prod.mszt.hu/portals/0/Images/2019/09/5g\\_AdobeStock\\_204778856.jpeg?ver=2019-09-10-145717-733](https://prod.mszt.hu/portals/0/Images/2019/09/5g_AdobeStock_204778856.jpeg?ver=2019-09-10-145717-733) (Letöltés ideje: 2022.1.2.).

## JEGYZETEK

- 1 5GN – 5<sup>th</sup> Generation Networks.
- 2 QoS – Quality of Service.
- 3 ITU-R: International Telecommunications Union – Radio Communications Sector.
- 4 IMT-A: International Mobile Telecommunications – Advanced (4G LTE-A) és IMT-2020 (5G).
- 5 3GPP – 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project.
- 6 GSM – Global System for Mobile Telecommunications, GPRS – General Packet Radio Services, EDGE – Enhanced Data GSM Environment, UMTS – Universal Mobile Telecommunications Services, LTE-A – Long Term Evolution-Advanced 4G, IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- 7 UE – User Equipment.
- 8 Tárgyak Internete – Internet of Things (IoT).
- 9 Gép-gép összekapcsolások – Machine to Machine Interface (M2M).
- 10 WiMAX – Worldwide Interoperability for Microwave Access.
- 11 Long Range Wide Area Network – Nagy hatótávolságú és nagy kiterjedésű területeket lefedő hálózat.
- 12 LAN – Local Area Network.
- 13 WAN – Wide Area Network.
- 14 1024 QAM – 1024-state Quadrature Amplitude Modulation.
- 15 MU-MIMO – Massive Multi-user Multiple in Multiple Out.
- 16 ADC/DAC – Analog – Digital Converter / Digital – Analog Converter.
- 17 5G NTN – 5<sup>th</sup> Generation Non-Terrestrial Networking.
- 18 eMBB – enhanced Mobile Broad Band.
- 19 mMTC – massive Machine Type Communications.
- 20 urLLC – ultra-reliable Low Latency Communications.
- 21 TTI – Transmission Time Interval.
- 22 BER – Bit Error Rate, BLER – Block Error Rate.
- 23 SAT – Satellite.
- 24 gNB – 5GN next generation node (B), 5 GN bázisállomás.
- 25 S-sáv: 2,7 – 3,2 GHz frekvencia-tartomány.
- 26 Ka-sáv: HTS – downlink 17,7–21,2 GHz, uplink 27,5–31 GHz. HDFSS – downlink 19,7–20,2 GHz, uplink 29,5–30 GHz.
- 27 HAPS – High Altitude Platform Systems.
- 28 GEO – Geostationary satellite.
- 29 MEO – Medium Earth Orbiting satellite.
- 30 LEO – Low Earth Orbiting satellite.
- 31 UAS – Unmanned Airborne Station/System.
- 32 FDM – Frequency Division Multiplexing.
- 33 TDM – Time Division Multiplexing.
- 34 COMSEC – Communications Security.
- 35 INFOSEC – Information Security.
- 36 dBm/dBmW – egy adott teljesítmény értéke/aránya 1 mW-ra vonatkoztatva.
- 37 dBi – decibel izotropikus, egy adott antenna erősítése összehasonlítva egy ideális antennával (izotropikus antenna).
- 38 Tx – Transmission, kisugárzás.
- 39 Rx – Receiving – vétel.
- 40 GEO-műholdak úrbéli helyzete sem rögzített, fizikusok számításai alapján úgy adható meg a valós helyzetük, mintha egy képzeletbeli, 35 x 75 km-es téglalap belsejében, folyamatosan mozgást végeznének (35 km horizontális, 75 km vertikális tartományú mozgások) 6° inklinációval.

**Szabó Miklós**

## A H145M és H225M katonai helikopterek



A Zrínyi Kiadó által 2020-ban indított *Haditechnika fiataloknak* című könyvsorozat a katonai hivatás népszerűsítését szolgálja, ugyanakkor a technikai eszközök történetének, műszaki paramétereinek és alkalmazási módjainak megismeretése is hasonlóan fontos célja. A Magyar Honvédség vezetése 2018-ban 20 darab H145M könnyű, többcélú és 16 darab H225M közepes, többcélú francia gyártású helikopter beszerzéséről döntött. Az immár teljessé vált H145M flotta helikopterei rendszeres repüléseket végeznek a magyar légtérben, a közepes helikopterek érkezése pedig az elkövetkező években várható.

„...éppúgy, mint a repülés maga, a forgószárny sem emberi találmány...” – írja bevezetőjében dr. Koller József dandártábornok, az MH 86. Szolnok Helikopter Bázis parancsnoka, hozzátéve, hogy a természet alkotta ötletet az ember számára hasznos találmánnyá a kreatív elmék, mérnökök és feltalálók tették. A helikopterek bebizonyították, hogy a katonai jelenlétet megkívánó helyzetekben – legyen az békeműveleti feladat vagy válságkezeléssel összefüggő feladat, konfliktushelyzet, illetve természeti katasztrófák következményeinek felszámolása – nélkülözhetetlen eszközök, hiszen a helyből le- és felszálló képességükkel sajátos módon és leggyorsabban juthatnak el a káresemény, vagy a beavatkozás helyszínére. Mindezekkel a rendkívüli képességeikkel a katonai műveletek széles skáláját képesek hatékonyan támogatni.

A kiadvány egyszerű, közérthető nyelvezetben, ugyanakkor szabatos műszaki kifejezésekkel mutatja be a helikopteres repülés történetének legfontosabb állomásait, a helikopterek szerkezeti elemeinek felépítését, működési elvét és a hazánkban üzemeltetett katonai helikopterek meghatározó típusait. A szerző figyelmének középpontjában természetesen a címben is szereplő két Airbus Helicopters gyártású géptípus bemutatása áll, ily módon a számos színes és fekete-fehér fotóval illusztrált kötetből megismerhetők a légi járművek főbb műszaki adatai, a lehetséges konfigurációk jellemzői, fegyverzetük és elektronikus rendszereik. A szerző mindvégig szem előtt tartja, hogy munkája az ifjúság számára készült, ezt célozza a kötetek mellékletét képező, forgószárnyat imitáló játékmelléklet is.

**A Zrínyi Kiadónál 2021-ben megjelent, kartonborított könyv terjedelme 68 oldal. 2500 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, illetve közvetlenül a Zrínyi Kiadótól helyszíni kedvezménnyel 1875 Ft-ért. Cím: 1024 Budapest, Filler utca 14., (tel.: 06 1-459-5373, e-mail: [cinti@hmzrinyi.hu](mailto:cinti@hmzrinyi.hu)), továbbá megrendelhető a [shop.hmzrinyi.hu](http://shop.hmzrinyi.hu) weboldalon is. (DRU.)**

Vozsech István\*

# A Föld forgásának hatása a lövedékmozgásra II. rész

A Föld nemcsak gravitációs erőteret hoz létre maga körül, hanem forgása következtében virtuális, járulékos erők is generál. A Földhöz kötött koordináta-rendszerben a Coriolis-erő minden mozgó testre, a szállító-erő pedig minden testre hat, azok mozgásától függetlenül.

A szerző a Föld forgásából származó hatások alapján megvizsgálta, hogy milyen változások következnek be a lövedék röppályájában, mi ennek az oka, és hogyan lehet ezt kiszámítani. A lövedékpálya leírásához hat lépésben meghatározta az aktív gyorsulásokat az inerciarendszerben, a járulékos gyorsulásokat a forgó rendszerben, a földmodelleket, valamint a megoldás lehetőségeit.

## AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

Vizsgáljuk meg a szállító (27.) és a Coriolis-gyorsulásra vonatkozó (33.) vektoregyenletet. Látjuk, hogy amennyiben a lőtávolság és a röppályamagasság a Föld méreteihez képest elenyésző, akkor a szállítógyorsulás az időtől független, értékét a tüzelőállás földrajzi elhelyezkedése és a lőirány tájolása határozza meg.

$$\mathbf{a}_{\text{Föld, száll}}(t) = \left(\frac{2\pi}{T_{\text{Föld}}}\right)^2 \cdot \begin{bmatrix} -(R_{\text{eq}} + y(t)) \cdot \cos(\lambda_{\text{tűa}}) \cdot \sin(\lambda_{\text{tűa}}) \cdot \cos(\alpha) \cdot \mathbf{i} \\ (R_{\text{eq}} + y(t)) \cdot \cos(\lambda_{\text{tűa}})^2 \cdot \mathbf{j} \\ -(R_{\text{eq}} + y(t)) \cdot \cos(\lambda_{\text{tűa}}) \cdot \sin(\lambda_{\text{tűa}}) \cdot \sin(\alpha) \cdot \mathbf{k} \end{bmatrix} \quad (27.)$$

$$\mathbf{a}_{\text{Föld, száll}} = \left(\frac{2\pi}{T_{\text{Föld}}}\right)^2 \cdot R_{\text{eq}} \cdot \begin{bmatrix} -\cos(\lambda_{\text{tűa}}) \cdot \sin(\lambda_{\text{tűa}}) \cdot \cos(\alpha) \cdot \mathbf{i} \\ \cos(\lambda_{\text{tűa}})^2 \cdot \mathbf{j} \\ -\cos(\lambda_{\text{tűa}}) \cdot \sin(\lambda_{\text{tűa}}) \cdot \sin(\alpha) \cdot \mathbf{k} \end{bmatrix} \quad (50.)$$

Ezzel az egyszerűsítéssel a szállító gyorsulás okozta oldalgás a differenciálegyenlet-rendszer megoldása nélkül, csupán a röpidő ismeretében könnyen számítható. A Coriolis-gyorsulás vektora a tájolás függvénye, értéke csupán igen speciális esetben nulla.

Felvetődik a kérdés, hogy élhetünk-e itt általános érvényű egyszerűsítésekkel. A válasz igen, bizonyos feltételek teljesülése esetén, de a lehetséges egyszerűsítések megítéléséhez megkötéseket kell tennünk a röppályákra nézve. Melyek ezek és mikor teljesülnek? Szorítkozzunk most a lövészfegyverek és a kinetikus páncéltörő eszközök jellemző felhasználási körére, amikor a röppályák az alsó szögcsoporthoz  $\pm 5^\circ$ -os tartományában helyezkednek el, másképpen a fegyvercső hossz tengelye a vízszintessel legfeljebb  $\pm 5^\circ$ -ot zár be, azaz a röppálya lapos. Ez síkvidéki alkalmazás során, szinte mindig biztosított. Nézzük meg, hogy hogyan alakul ekkor a Coriolis-gyorsulás vektoregyenlete. Belátható, hogy  $\pm 5^\circ$  löszög esetében az  $y$  irányú sebességkomponens értékét nyugodtan, a  $z$  irányú pedig bátran elhanyagolhatjuk, ugyanis annak kezdeti ér-

téke zérus, és a végértéke is igen csekély. Ekkor kapjuk, hogy

$$\mathbf{a}_{\text{cor, sz}}(v(t)) = 2 \cdot \begin{bmatrix} (v_y(t) \cdot \omega_z - v_z(t) \cdot \omega_y) \cdot \mathbf{i} \\ (v_z(t) \cdot \omega_x - v_x(t) \cdot \omega_z) \cdot \mathbf{j} \\ (v_x(t) \cdot \omega_y - v_y(t) \cdot \omega_x) \cdot \mathbf{k} \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 0 \cdot \mathbf{i} \\ -2 \cdot v_x(t) \cdot \omega_z \cdot \mathbf{j} \\ 2 \cdot v_x(t) \cdot \omega_y \cdot \mathbf{k} \end{bmatrix} \quad (51.)$$

Lövészfegyverek és a kinetikus páncéltörő eszközök  $[-5^\circ \dots 5^\circ]$  löszögtartományon belüli alkalmazása esetén a Coriolis-oldalgás értéke csak és kizárólag a földrajzi elhelyezkedés függvénye, a fegyver, löveg tájolásától független. Független, mert (18.) értelmében a szögsebességvektor  $y$  irányú komponense csak a földrajzi szélesség függvénye.<sup>5</sup> (Egy közel vízszintes lövés Coriolis-oldalgását az azimut függvényében a 8. b) ábra világoskék közel konstans görbéje szemlélteti.)

Jellemző általánosítás, hogy a „Coriolis-erő az északi féltekén jobbra, a délin pedig balra téríti a mozgó testeket”. Bár ez a kijelentés – a fenti megszorításokkal – igaz, de ez az állítás csak a tengerek felszínén, vagy az azonos magasságban mozgó testekre igaz maradéktalanul, ahol az  $y$  irányú sebességkomponensek zérus értékűek.

Vizsgáljuk meg a továbbiakban, hogy mindkét járulékos gyorsulást figyelembe véve, milyen oldalgási összetevők lépnek fel, ha lapos röppályával, hegytetőről völgybe, vagy völgyből hegytetőre lövünk lapos röppályával. A számításokat .300 Lapua Magnum kaliberű fegyver 10,0 [g] lövedékére, 1015 [m/s] kezdősebesség mellett végeztük.

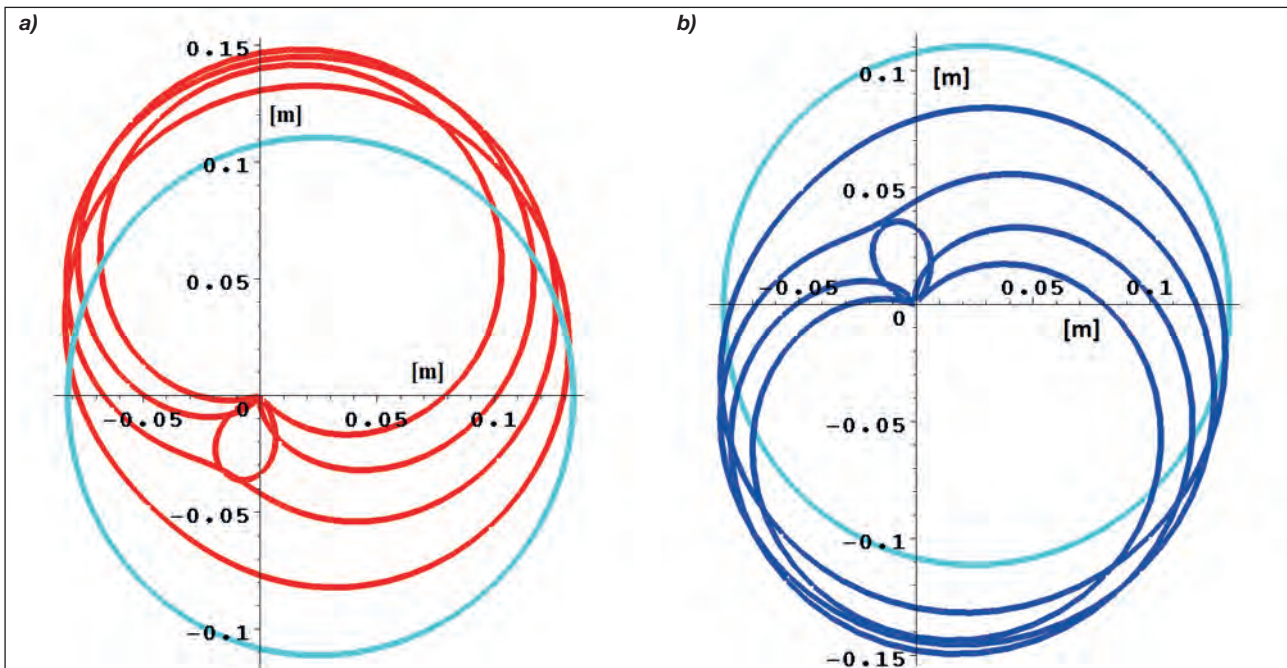
A 6. a) és b) ábra az oldalgás abszolút értékeit szemlélteti polárkoordináta-rendszerben. A  $-60$ – $-15$  fok löszögtartomány görbéit piros, a zérus célhelyszöghöz tartozó  $0,72$  fok löszög görbéjét világoskék, a  $15$ – $60$  fok löszögek görbéit kék szín jelöli.

Szembeötlő, hogy közel vízszintes lövés esetében a görbe közel szabályos köré fajul (világoskék), azaz az oldalgás alakja egy eltolt szinuszhullám, ahol az eltolás értéke a polárkoordináta-rendszerben a szállítógyorsulás maximuma. A vízszintestől eltérő lövések esetében az oldalgási érték irányfüggősége egyre jelentősebb, és  $45^\circ$  feletti célhelyszög esetében megfigyelhető az oldalgás irányváltása, amely polárkoordináta-rendszerben egy zérus középpontú hurok képében jelentkezik. A könnyebb áttekinthetőség érdekében a görbéket a 7. a) és b) ábra szemlélteti, az oldalgást az azimut függvényében ábrázoltuk.

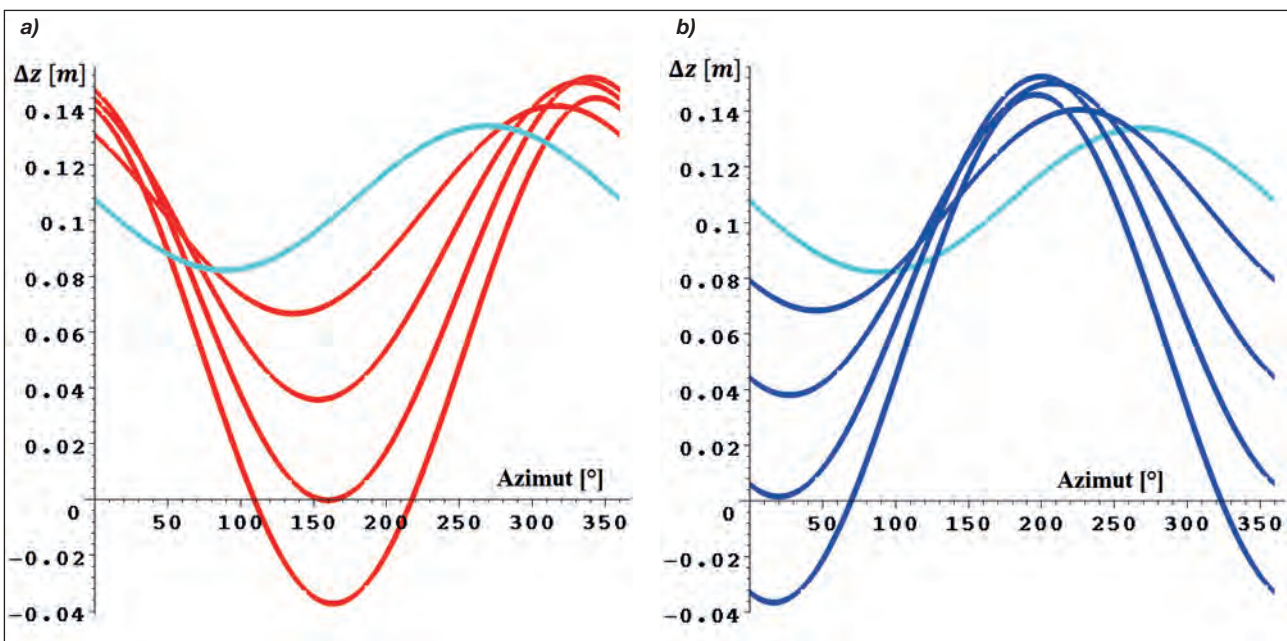
Feltűnő, hogy az oldalgás szélső értékei nem pontosan É–D irányúak, és nem konstans azimut értékűek, hanem a löszögtől függenek. Ez annak a következménye, hogy az eredő oldalgás a két gyorsuláskomponens összefüggvénye, amelyek más-más jellegű és fázisú függvények. A 8. a)

\* Mérnök. ORCID: 0000-0001-9818-7755





6. ábra. Az oldalás abszolút értéke polárkoordináta-rendszerben, .300 Lapua Magnum 1200 méteres lőtávolság negatív célhelyszögek esetén (hegytetőről völgybe lövés) a), illetve 1200 méteres lőtávolság pozitív célhelyszögek esetén (völgyből hegytetőre lövés) b) (Az ábrák a szerző saját szerkesztései)



7. ábra. Az oldalás értéke az azimut függvényében, .300 Lapua Magnum 1200 méteres lőtávolság negatív célhelyszögek esetén a), illetve 1200 méteres lőtávolság pozitív célhelyszögek esetén b) (Az ábrák a szerző saját szerkesztései)

és b) ábrák a célhelyszögektől függetlenül szállító összetevőt, valamint (negatív célhelyszögekre) a Coriolis-összetevő egyedi hatását illusztrálják.

Az ábrákból az is kiolvasható, hogy 1000 [m/s] körüli sebességek esetén a két gyorsulásösszetevő azonos nagyságrendű, elhanyagolni egyiket sem szabad.

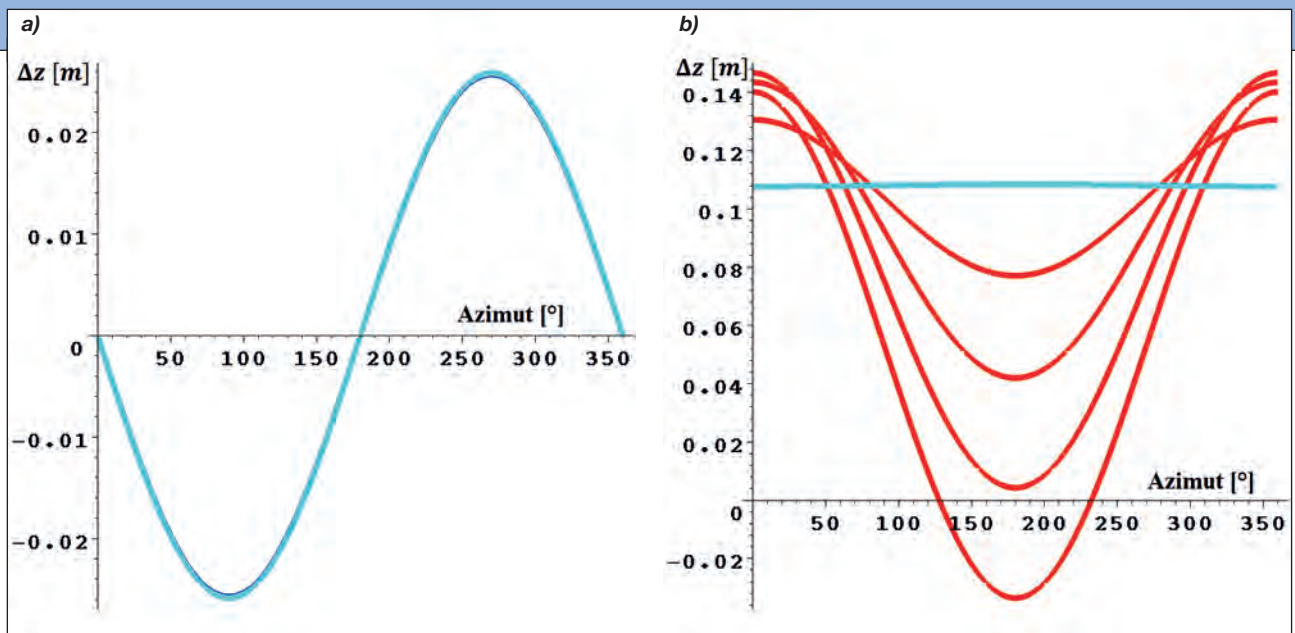
Nézzük meg, hogy milyen eltéréseket tapasztalunk a lőtávolságunkban az előző röppályák vonatkozásában, amelynek fő összetevőjét (50.) és (51.) szerint leegyszerűsítettünk. Mivel  $\omega_z$  – ellentétben  $\omega_y$ -nal – irányfüggő, ezért a lőtávolságváltozás függvény periódikus lesz. A 8. a) és b)

ábra a Föld forgásának figyelmen kívül hagyásával kiszámított röppályamagassághoz viszonyítja a forgás mellett kapott  $y$  értékeket.

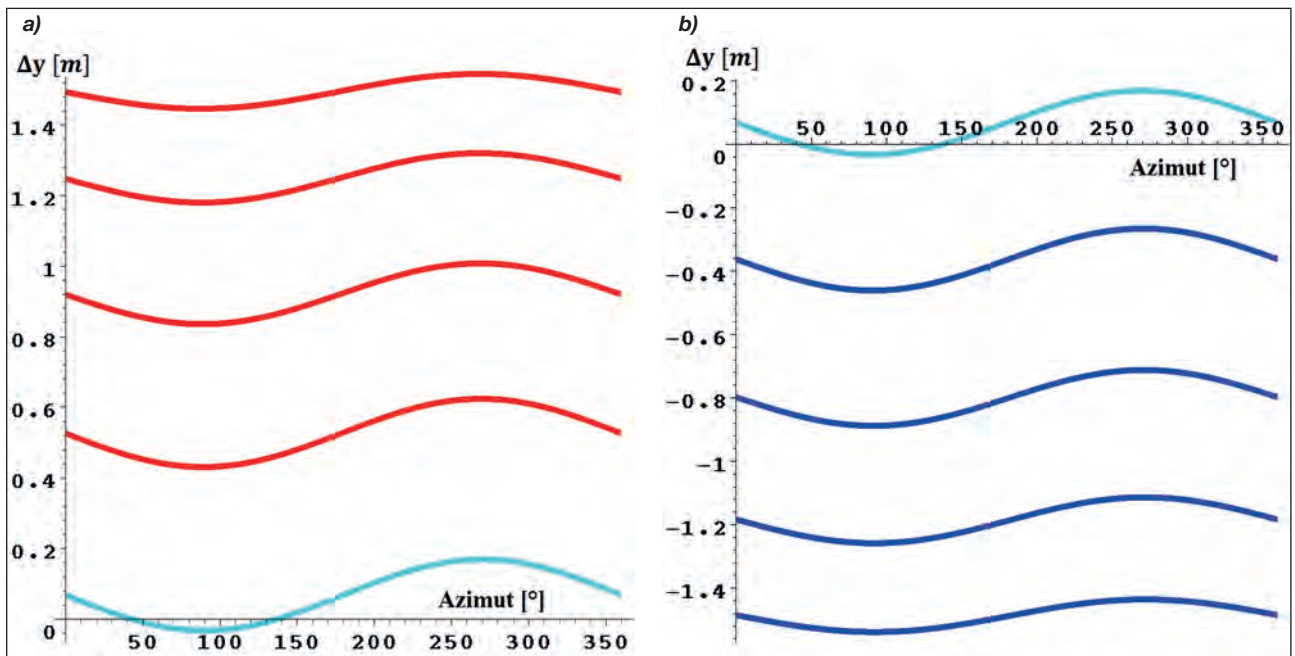
Megfigyelhető, hogy a löszög növekedésével, csökkenésével az (51.) egyenlet nem lesz érvényes. A  $v_y$  értéke nem hanyagolható el, a találati pont magasság irányban jelentősen vándorol. Felfelé lövésnél a forgásból származó hatások „lenyomják”, lefelé lövésnél pedig „felhúzzák” a röppályát.

Nézzük most azokat a röppályákat, amelyek erősen íveltek, ahol az  $y$  irányú sebességkomponens nem hagyható





8. ábra. Az oldalágás szállító-összetevője az azimut függvényében, .300 Lapua Magnum 1200 méteres lőtávolság esetén a), illetve az oldalágás Coriolis-összetevője 1200 méteres lőtávolság negatív célhelyszögek esetén b) (Az ábrák a szerző saját szerkesztései)



9. ábra. A becsapódási pont y irányú eltérése az azimut függvényében, .300 Lapua Magnum 1200 méteres lőtávolság negatív célhelyszögek esetén (hegytetőről völgybe lövés) a). A becsapódási pont y irányú eltérése az azimut függvényében, .300 Lapua Magnum 1200 méteres lőtávolság pozitív célhelyszögek esetén (völgyből hegytetőre lövés) b) (Az ábrák a szerző saját szerkesztései)

figyelmén kívül, és a lövedékek jóval nagyobb időt töltenek röppályájuk befutásával.

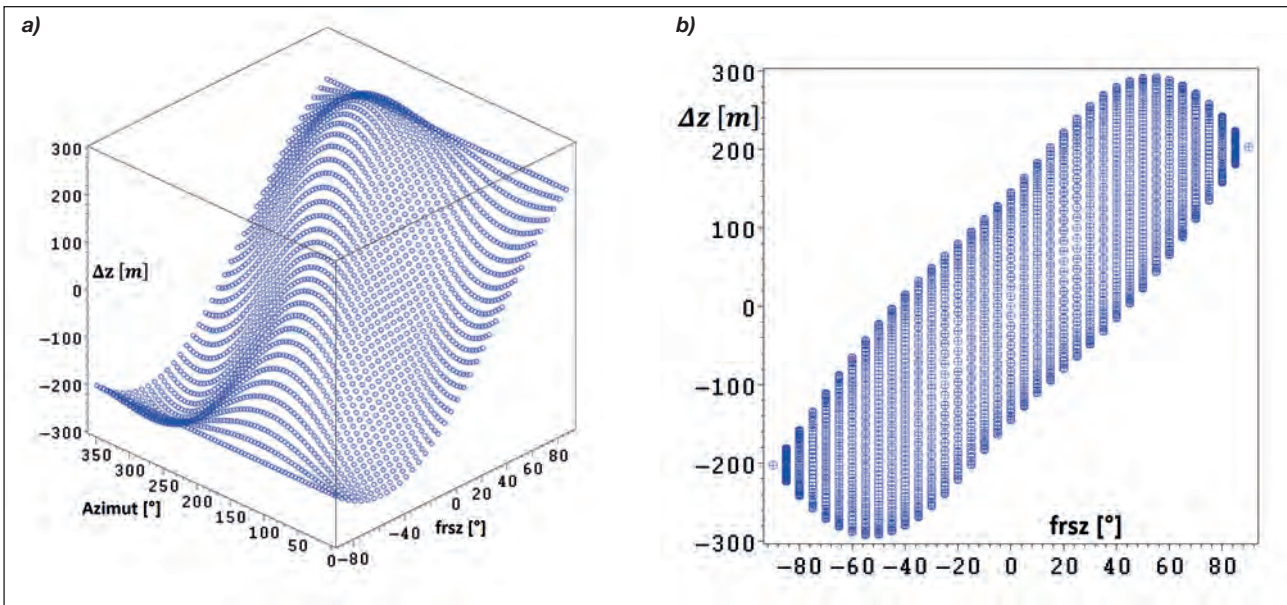
A 10. a), és 11. a) ábrákat szemlélve megállapíthatjuk, hogy itt nincs helye az egyszerűsítéseknek, a hatás komplex, ugyanis az ívelt röppályákat befutó lövedékek egy, de akár két nagyságrenddel több időt tartózkodnak azokon, mint az előzőekben tárgyalt alsó szögcsoportú társaik, ezért a rájuk ható járulékos erőknél van idejük jelentősebben módosítani a pályagörbéket, – pontosabban – megfigyelő pozícióknak van ideje jelentősen módosulni.

Látnunk kell, hogy az x, illetve az y irányú komponens a kétdimenziós röppályát egyidejűleg torzítja, azaz lőtávolságunk növekedése, vagy lecsökkenése nemcsak az Eötvös-effektus eredménye, hanem abban jelentős szerepet ját-

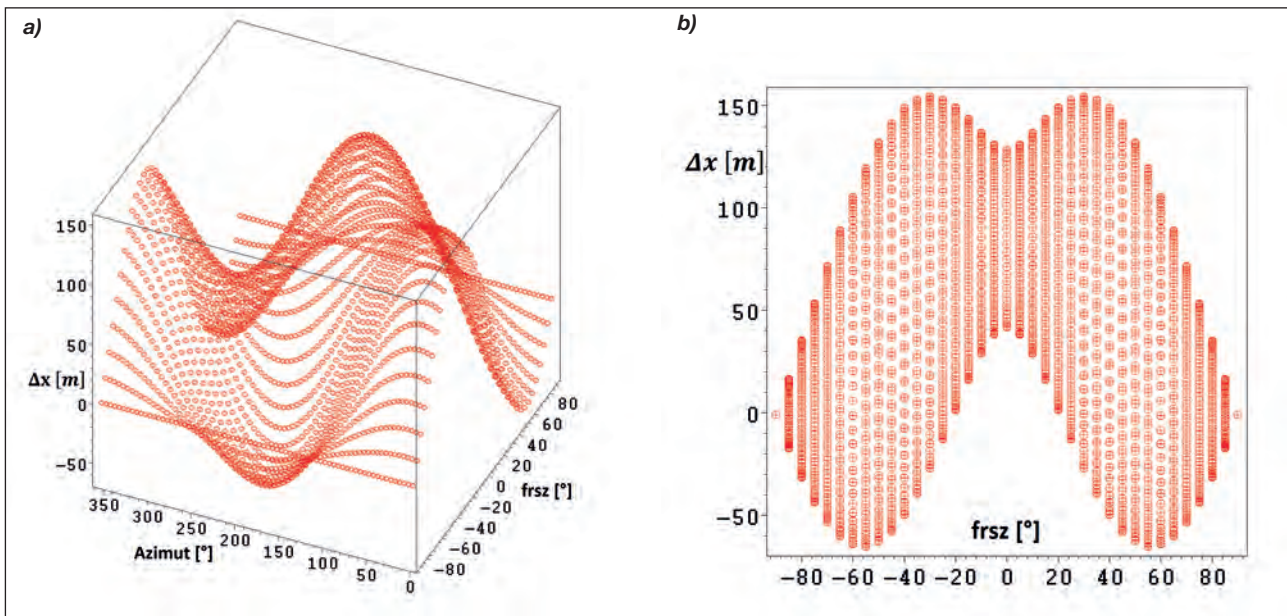
szik a gyorsulás x irányú vetülete is. (A lőtávolság-változást ívelt röppálya esetében közvetlenül, lapos röppálya esetében a találati pont y irányú eltolódása által érzékeljük.) Az x és y hatást az előzőek alapján most már egyben kezelve előállíthatjuk a 11. a) és 11. b) ábra piros görbeseregét, amely a lőtávolság változásunkat adja meg a földrajzi szélesség, és a tájolás függvényében. Az oldal irányú eltérítést a 10. a) és 10. b) ábra kék görbeserege adja, az előzőek függvényében. Megfigyelhetjük továbbá, hogy erősen ívelt röppályák esetében úgy az oldalágás, mint a lőtávolságra gyakorolt hatás a mérsékelt égövben a legjelentősebb, valamint mindkettő értéke zérus a sarkok környékén.

Amennyiben csak a Coriolis-komponenst vizsgáljuk, úgy annak oldalági összetevője (36.) x és y irányú vegyszorzat, nagysága és alakja az x és y sebességek pillanatnyi ér-





10. ábra. A lövedék oldalgása axonometrikus nézetben a) A lövedék lőtávolságának megváltozása ortogonális nézetben b) (Az ábrák a szerző saját szerkesztései)



11. ábra. A lövedék lőtávolságának megváltozása axonometrikus nézetben a) A lövedék lőtávolságának megváltozása ortogonális nézetben b) (Az ábrák a szerző saját szerkesztései)

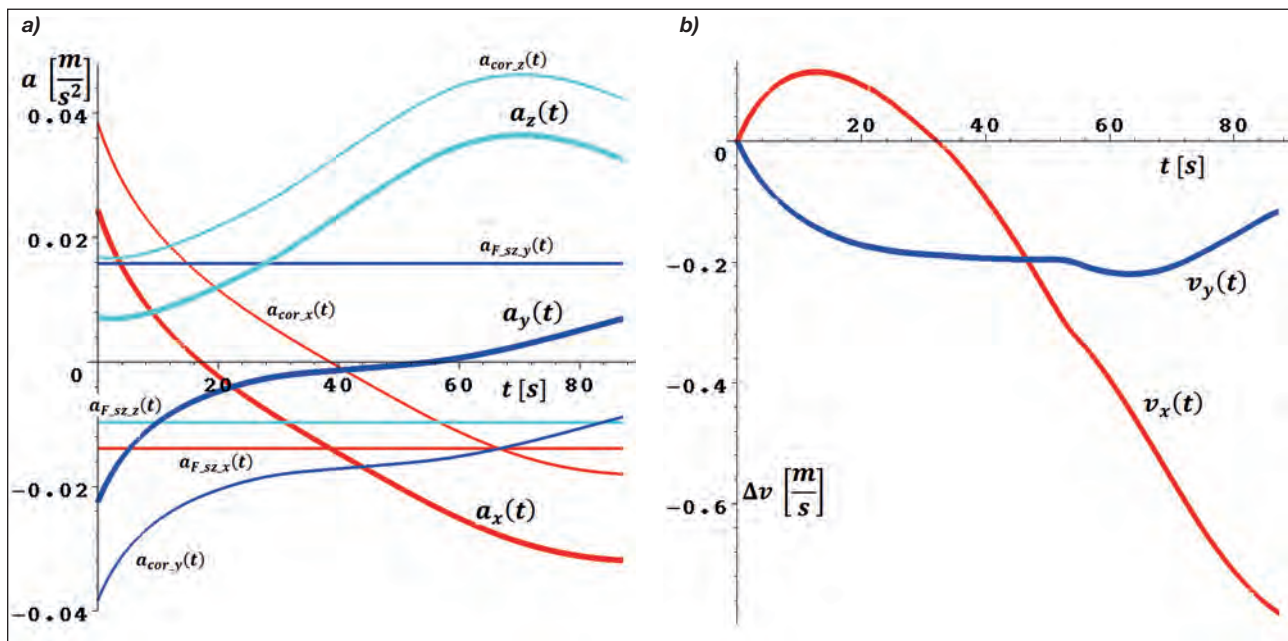
tékétől függ. A sebesség  $x$  irányú összetevőjének csak a földrajzi szélességtől függő szögsebesség összetevője van, a sebesség  $y$  irányú összetevőjének szögsebesség szorzója azonban földrajzi szélesség- és tájolásfüggő. Tehát a Coriolis-hatásból adódó oldalgás azimutfüggő összetevőjének értéke K-Ny irányokban zérus, ezért az oldalgás ezekben az irányokban veszi fel az átlagos, csak földrajzi szélesség által meghatározott értékét.

Végezetül szimuláltunk egy, a 47. szélességi körön, É-ÉNy 35°-os tájolás, és 45°-os löszög mellett leadott lövést a DM 92 lövedék paramétereivel. A 12. a) ábra a járulékos gyorsulások komponenseit szemlélteti a röpdő függvényében. A 12. b) ábra a Föld forgása nélkül kiszámított röppályasebességek eltéréseit mutatja. A 13. a) és 13. b) ábrán az adott időpillanathoz tartozó pályapont-különbségeket láthatjuk. Az oldalgási sebességet nem ábrázoltuk a közös 12. b) ábrán, mivel annak értékei egy nagyságrenddel na-

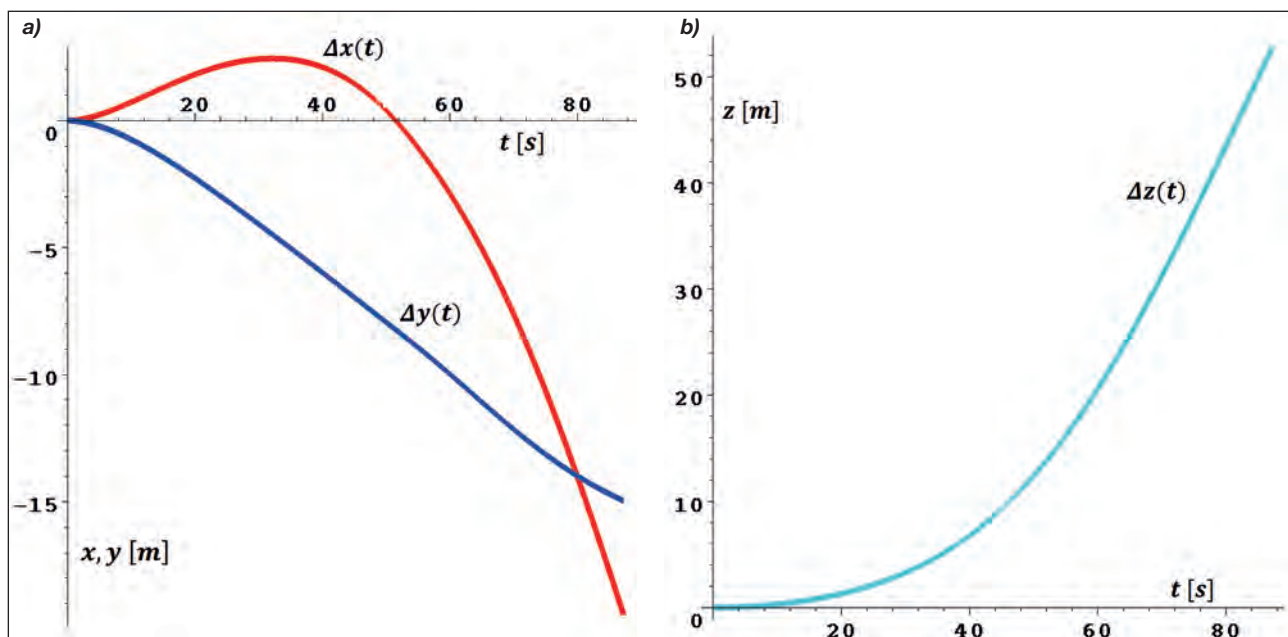
gyobbak az  $x$ , illetve az  $y$  irányú összetevőkéitől. Hasonló megfontolások alapján került külön ábrára a  $z$  irányú eltérés is. Az oldalgási sebesség végértéke hozzávetőlegesen 1,3 [m/s], a becsapódási pont  $z$  irányú eltérése pedig 54 méter.

A 12. a) ábrát szemlélve nyilvánvaló, hogy a szállító gyorsulások jó közelítéssel konstans függvények, amelyek a Coriolis-összetevőket eltolják. Megállapíthatjuk az ábrából, hogy a Coriolis-gyorsulás  $x$  irányú összetevőjét döntően a sebesség  $y$  irányú komponense határozza meg (34.). Ebből következően az  $y$  irányú összetevő a röppálya-tetőpont környezetében zérus értéket vesz fel, és a továbbiakban a sebesség degresszíven csökkenő jellegével megegyezően csökken. A Coriolis-gyorsulás  $y$  irányú összetevője alapvetően a sebesség  $x$  irányú komponensének a függvénye (35.), erre a komponensre a légellenállás gyakorol hatást, ezért csökken erőteljesen a mozgás kezdeti szakaszában.





12. ábra. A járulékos gyorsulásfüggvények a) A sebességkülönbségek függvényei b) (Az ábrák a szerző saját szerkesztései)



13. ábra. x és y irányú pályapont-különbségek függvényei a) A z irányú eltérés függvénye b) (Az ábrák a szerző saját szerkesztései)

### KÖVETKEZTETÉSEK

Az egyenletek, grafikonok tanulmányozásával nyert megállapításainkból az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

1. A Coriolis-gyorsulás a mozgó objektum tömegétől, perdületétől és a légkör jelenlététől független. A Coriolis-gyorsulás csak a mozgó test sebességétől, és a Föld szögsebességétől függ.
2. A szállítógyorsulás független a test mozgásától, értéke csak a pályapont geometriai helyétől függ, és igen jó közelítéssel megegyezik a pályapont centrifugális gyorsulásával.
3. A járulékos erők által végzett munkák mindig zérus értékűek.

4. Pisztolyok, gépkarabélyok, és minden olyan lőfegyver vonatkozásában, amelyekből a kilőtt lövedék 1 másodpercnél nem hosszabb ideig tartózkodik a röppályán, a járulékos hatásokkal foglalkozni nem kell.
5. Lövészfegyverekkel leadott, közel vízszintes lövések-nél a Coriolis-oldalgásért döntő részben az  $y$  irányú szögsebességvektor komponens a felelős. A vektor nagysága azimutfüggetlen, ezért földrajzi szélességenként konstans értékű. Ezekben az esetekben a Coriolis-oldalgás az Északi féltéken jobb, a Délin bal irányú, az Egyenlítőn pedig zérus. Az összegzett oldalgás jelleget a szállító gyorsulás komponensei módosítják, így az összegzett hatás az azimut függvényében egy eltolt negatív szinuszhullám. A 7. a) ábra



világoskék görbéjének szélsőértékei K–Ny irányban találhatóak.

6. A lövészfegyverekkel leadott, közel vízszintes lövések oldalgalását egyszerűsített egyenletekkel számolhatjuk.
7. A lövészfegyverekkel leadott, közel vízszintes lövések magassági eltérései az Eötvös-hatásra, és a centrifugális gyorsulás  $y$  irányú komponensére vezethetők vissza.
8. Lövészfegyverekkel meredeken leadott, de lapos röppályás lövések esetében az alá- vagy föléhordás jelentős, és gyengén tájolás függő. Nagy távolságú lövéseknel a hatástól eltekinteni nem lehet.
9. Ívelt röppályán tüzelő tüzérségi eszközök vonatkozásában az eltérés releváns, a járulékos hatásokat az egyedi röppálya kiszámításánál kell figyelembe venni, hatásukat közelítő értékekkel számítani nem szerencsés.
10. A járulékos hatások figyelembevételével a külballsztikai modell szabadsági foka kettőről háromra nő. A kiterjesztett modell szimulációs futtatási ideje az alapmodell számítási idejének kétszerese. A növekedés azon-

ban az alapmodell rövid, – a 47. szélességi körön, É–ÉNy 35°-os tájolás, és 45°-os löszög mellett leadott, DM 92 lövedék paramétereivel szimulált lövés – 5 másodperces futási idejét tekintve elfogadható, ezért a pontosabb modell alkalmazása indokolt.

Összefoglalóan: tüzérségi eszköz ballsztikai számításaihoz elengedhetetlen a Föld forgásából adódó hatások figyelembevétele. A Föld forgásának hatása kézifegyverek esetében is figyelmet érdemel. A hatás a mérsékelt égövön a legjelentősebb, és a lövedékek oldalgalásának vizsgálatánál semmiképpen sem hagyható figyelmen kívül.

#### JEGYZETEK

5 Bár a tanulmány a Magnus-effektussal nem foglalkozik, de egy későbbi, részletes ismertetést megelőlegezve kimondhatjuk, hogy ebben a tartományban Magnus-hatás gyakorlatilag nincs, így az oldalgalás egyedüli okai a  $[-5^\circ \dots 5^\circ]$  löszögtartományban a forgó koordináta-rendszer járulékos gyorsulásai.

**Padányi József – Hausner Gábor – Kulcsár Péter**

## Zrínyi Miklós hadtudományi munkái

Zrínyi (VII.) Miklós a korabeli Magyarország kiemelkedő hadvezére, költője és politikusa emlékére az Országgyűlés a 2020-as esztendő Zrínyi Miklós-emlékévé nyilvánította, majd Magyarország kormánya Zrínyi-Újvár romjait 2021-ben történelmi emlékhellyé nyilvánította.

Zrínyi Miklós életútja, személyisége példaértékű az egymást követő generációk számára, hiszen ő felismerte saját korának kihívásait és a maga erejéből mindent megtett, hogy a nemzet minél hatékonyabban tudjon fellépni a veszélyekkel szemben.

Zrínyi hadtudományi munkáinak gyűjteményét – a hadtudomány klasszikusainak műveiből álló sorozat első köteteként – először 1957-ben jelentette meg a Zrínyi Kiadó. Zrínyi testesíti meg azt a hadtudóst, aki nemcsak a saját korára volt jelentős hatással, hanem írásai, és az azokban tükröződő elméletei megállják a helyüket a 21. századi hadviselésben is. Személye hordozza mindazokat az értékeket, amelyekre a magyar katona méltán lehet büszke, és amelyek meghatározóak lehetnek a jövőre nézve is. Zrínyi hadtudományi munkáit a honvédelmi miniszter – a tárca Ágazati Értéktár Bizottságának javaslata alapján – 2021. február 8-án nemzeti értékévé nyilvánította, és felvette a Honvédelmi Értéktárba.

A kötet új kiadása – amelynek ünnepélyes bemutatóját 2021. május 11-én, a Honvédelmi Minisztériumban tartották – a katona és államférfi négy, magyar nyelven írott hadtudományi munkáját tartalmazza abban a feltételezhető keletkezési sorrendben, ahogyan azt legutóbbi tudós kutatója, Kulcsár Péter közzétette. A könyvben szereplő írások: a Vitéz hadnagy, a Mátyás király életéről való elmélkedések, Az török áfium ellen való orvosság és a Tábóri kis trakta. Az idegen nyelvű idézetek magyar fordítása, illetve a jegyzetek is Kulcsár Péter munkája.

„Hogy mit üzen Zrínyi a katonáknak, ami a mai napig útravalóul szolgálhat a fiatal hadnagyoknak? A szerencse az élet minden területén, így a hadviselésben is jelen van. De az, aki szorgalmasan készül az adott helyzetre, az felkészülten várja a lehetőséget, azt a pillanatot, hogy üstökön ragadja a szerencsét és éljen az általa kínált lehetőséggel. Van ennél szebb üzenet, egy fiatal hadnagy számára, aki a pályafutása előtt áll?” – tette fel a kérdést a könyvbemutatón Prof. dr. Padányi József vezérőrnagy, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztviselői Kar Katonai Műszaki Doktori Iskola vezetője, Zrínyi-kutató, a kötet alkotószervezője.

„Zrínyi prózai írásait azonban nem szabad egyszerű irodalmi emlékeknek tekinteni, sokkal inkább olyan műnek, amelyből a mai hadsereg tisztjei is sokat tanulhatnak” hangsúlyozta dr. Hausner Gábor alezredes, az NKE Katonai Tanfolyamszervező Hivatal kiemelt főtisztje, a kötet szerkesztője.

A „Zrínyi Miklós hadtudományi munkái” című kötet angol nyelvű ikerkiadása 2021. november 18-án Zrínyi Miklós halálának évfordulóján jelent meg. Az angol nyelvű kiadás jelentősége, hogy segítségével a külföldi kutatók számára is elérhetővé válnak a hadtudós munkái.

**Padányi József – Hausner Gábor – Kulcsár Péter (szerk.) Zrínyi Miklós hadtudományi munkái című kötet a Zrínyi Kiadónál 2021-ben jelent meg. A magyar nyelvű, vászonkötésű könyv terjedelme 236 oldal, amely most kedvezményes áron, 6000 Ft helyett 4500 Ft-ért, míg az angol nyelvű kötet 7000 Ft helyett 5250 Ft-ért kapható a Zrínyi Kiadónál. Cím: 1024 Budapest, Fillér utca 14., (tel.: 06 1-459-5373, e-mail: cinti@hmzrinyi.hu), A könyvboltokban teljes áron beszerezhető, továbbá megrendelhető a shop.hmzrinyi.hu weboldalon is. (DRU.)**



18. ábra. BrahMos hajók elleni robotrepülőgép 3D-s modellje [54]



Ott István Dániel\*

## India katonai atomprogramja, a hadászati triád kiépítésének folyamata III. rész

### Az indiai haditengerészet első, hazai tervezésű, atommeghajtású ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjárója

A tanulmány első részében a szerző bemutatta India – a Föld második legnépesebb állama – katonai célú atomprogramját, amelynek eredményeként több kísérleti robbantást hajtottak végre, és az indiai haderőt nukleáris fegyverekkel szerelték fel. A második részben az indiai haditengerészetben rendszeresített első atom-tengeralattjárók alkalmazásának ismertetéséről olvashattak az érdeklődők. A harmadik (záró) részben az indiai atomarzenál legpotensebb tagját, az első indiai fejlesztésű és építésű ballisztikusrakéta-hordozó atom-tengeralattjárót, az INS Arihant (S2)-t mutatja be a szerző.

#### AZ INDIAI NUKLEÁRIS ELRETTENTÉS REDUNDÁNCIÁJA, AVAGY AZ ATV-PROJEKT

Az India által lízingelt atom-tengeralattjárók csupán átmeneti megoldást jelentettek, ezért már a Charlie I béreleti szerződés előkészítésével párhuzamosan, 1983-ban Indira Gandhi miniszterelnök jóváhagyásával elindították a titkos indiai ATV-programot (Advanced Technology Vessel – fejlett technológiájú tengeralattjáró<sup>16</sup> projekt). A program célja egy, a kor technikai szintjét kielégítő indiai atom-tengeralattjáró kifejlesztése volt, a kutatás-fejlesztésben maximálisan kihasználva a Szovjetuniótól bérelt tengeralattjáróval

szerzett tapasztalatokat. Először a háttér-infrastruktúra kiépítésébe kezdtek, Visakhapatnamban felépítettek egy teljesen új, 50 méter mély, fedett szárazdokkot. A tetőt nemcsak azért húzták a dokk fölé, hogy az eszköz védjen időjárás viszonyosságaitól, hanem hogy elrejtse az új tengeralattjárót a kíváncsi szemek és kémműholdak elől. Mint minden más atom-tengeralattjáró esetében, a legnagyobb kihívást az indiaiak számára is a kis méretű, biztonságosan és megbízhatóan működő atomreaktor létrehozása jelentette. 1987-ben Kalpakkamban, a vezérlőteremmel együtt egy működőképes kísérleti reaktort is beépítettek az egyik hajótestszekcióba. Ez a próbaverzió egy tesztek céljára épített atomreaktorral megépített „mock up”<sup>17</sup> volt. Ezzel próbálták szimulálni a különböző üzemi állapotokat és a nyílt tengeri viszonyokat. A berendezést később a legénység kiképzésekor is alkalmazták.

Először egy nukleáris meghajtású vadász-támadó (SSN kategóriájú) tengeralattjárót kívántak létrehozni. Később felvetődött, hogy az új indiai atom-tengeralattjárót a torpedó-vetőcsövekből indítható robotrepülőgépekkel szerelik fel. Csak 1998-ban döntöttek úgy, hogy egy függőleges rakéta-indítócsövekkel ellátott atommeghajtású ballisztikusrakéta-hordozó (SSBN kategóriájú) eszközt építenek. Ez nyilván összefüggött azzal, hogy India abban az évben hajtott végre újabb sikeres kísérleti nukleáris robbantáso-

\* Járműmérnök, gépipari szakoktató. ORCID: 0000-0001-5524-6735





19. ábra. Az INS Arihant (S2) makettje a Köztársaság napján rendezett felvonuláson, Újdelhi, 2014. Az eszköz az orosz Sindhughosh-osztály (Kilo) tengeralattjáróira emlékeztet [55]

kat, és deklarálta, hogy haderejét atomfegyverekkel látja el – ezáltal atomhatalommá válik. Mivel az indiai atom-tengeralattjáró tervezésénél a szovjet Charlie I osztály jelentette a mintát, egy SSBN kategóriájú eszközhöz radikálisan módosítani kellett a hajótestet. [47; 120–122. o.]

India, a fejlesztés során az utólag meghozott módosításról szóló döntés miatt hasonló utat járt be, mint Franciaország, rajtuk kívül ugyanis az összes többi ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjárót gyártó ország, az SSBN kategóriájú eszközeik első generációit a már meglévő és bevált SSN kategóriájú vadász-támadó atom-tengeralattjárók fő darabjainak felhasználásával készítette el.<sup>18</sup> Ezzel rengeteg gyártási és technológiai folyamat megspóroltak, hiszen az SSN atom-tengeralattjárókon már bevált atomreaktor és hajtásláncot egyszerűen beépítették az új ballisztikusrakéta-hordozóba.

India csak 2009 júliusában hozta nyilvánosságra a program létezését, a rövid bemutatóról mindössze a védelmi minisztérium sajtóosztálya által készített, erősen cenzúrázott fotókat közölték. A tengeralattjáró akkor kapta meg hivatalosan is az INS Arihant (S2) nevet. A sötét dokkban készített fotókon – kis túlzással – még az is kérdéses, hogy egyáltalán mi látható a képen, a sajtóban megjelent ábrák némelyike pedig még a „gyermekrajzok” színvonalát sem érte el. Később a nyomtatott és elektronikus sajtóban már egyre több hivatalos információ is nyilvánosságra került. (19. ábra)

A közölt képek alapján megállapítható, hogy az INS Arihant (S2) az SSBN kategóriájú eszközök első generációjához hasonló hajótesttel rendelkezik. A kettős hajótörzs szerkezet mintája az orosz Akula-osztály volt, erre építették a magas tornyot, rajta a merülőkormányokkal. A torony mögött „púpszerűen” emelkedik ki a ballisztikus rakéták négy, egymás mögé helyezett függőleges vetőcsöveit fedő burkolat. A tengeralattjáró teljes felületét – az oroszokhoz hasonlóan – gumilappal fedték be, ezzel akadályozva, hogy az aktív szonárok akusztikus jelei visszaverődjenek a hajótestről, tehát az eszközt könnyen felderíthessék.

Az indiai mérnökök végül egy 83 MW teljesítményű, nyomottvízes reaktort építettek a tengeralattjáróba, amelyet 2013-ban hoztak működésbe. Hasadóanyagként 40%-os dúsítású urániumot használtak. Indiai források szerint a berendezés alapjait a közel harminc éve bérelt Charlie I osztályú atom-tengeralattjáró reaktora adta. A fejlesztéshez az oroszok konkrét terveket nem, de technikai asszisztenciát biztosítottak. Ahogy az INS Arihant „szíve” – a reaktor – működésbe lépett, úgy éledtek fel a tengeralattjáró különböző rendszerei. Az indítást követően a tengeralattjáró

minden csővezetékét nyomáspróbán tesztelték, hogy ellenőrizzék, működnek-e a meghajtó és az energiaellátó berendezések. A legkisebb szintű alrendszeréig minden rendszert teszteltek, így természetesen a ballaszttartályok elárasztását is. Az elárasztott dokkban végzett tesztek után, 2014 decemberében az INS Arihant készen állt a tengeri próbákra. Több hónapos ellenőrzések után – amelyek jelentős részét már merülésben végezték –, az első indiai gyártású atom-tengeralattjáró készen állt az átadásra.

„Hatalmas eredmény volt ez” – mondta az átadási ünnepségen Vadm D. S. P. Verma indiai altengernagy, az Arihant projekt vezetője, aki szerint a legnehezebb feladat a tengeralattjáró „szívének”, a reaktornak az elkészítése volt. Az altengernagy köszönetet mondott a teljes indiai ipart képviselő beszállítók munkájáért is. Csak a legnagyobbakat említve, a hajótestet a Larsen & Toubro Limited, a belső gépészetet a Tata Power Strategic Engineering Division indiai ipari trösztök építették. India erőfeszítéseit egy saját atom-tengeralattjáró létrehozására, Verma altengernagy az egész Amerikai Egyesült Államokat megmozgató holdprogramhoz hasonlította. A további beszédekben az Arihant építésével kapcsolatos orosz közreműködésről csak érintőlegesen, és sokszor ellentmondásosan esett szó. [47; 126. o.]

### AZ ARIHANT CSAPÁSMÉRŐ ESZKÖZEI, A BALLISZTIKUS RAKÉTÁK

A tengeralattjáró-fejlesztéshez hasonló, hosszú utat járt be az Arihant fő csapásmérő eszközeinek, a rakétáknak a fejlesztése is. Az indiai űriparnak is köszönhetően a rakéták fejlesztésében több tapasztalat áll rendelkezésre, [48] és a szárazföldi haderőt is több típusal tudták ellátni, de tengeralattjáró fedélzetéről, akár víz alól is indítható hatékony rakétafegyver létrehozása még így sem volt egyszerű.

Az Arihant esetében jelenleg két típus áll rendelkezésre. Az első a kétfokozatú, szilárd hajtóanyagú, rövid hatótávolságú K-15 Sagarika ballisztikus rakéta. Ennek 1000 kg tömegű harci részével az Arihant több mint 700 km-es távolságból támadhat célokat. Érdekes, és a ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjáróknál egyedi megoldás, hogy a tengeralattjáró függőleges rakéta-indítócsöveibe egy tripla indítószervezettel három K-15 Sagarika tölthető. Ezzel a négy rakéta-indítócsővel rendelkező Arihant összesen 12 darab K-15 Sagarikát hordozhat. Bár a mennyiség elsőre

### 20. ábra. Rakétát indítanak a P78 víz alatti platformról. Az eszközről indítva tesztelték az INS Arihant (S2) ballisztikus rakétáit, és a BrahMos robotrepülőgépet [56]





21. ábra. P78 víz alatti platformról indított K-15 (projektnev B05) típusú rakéta a felszínre tör az Indiai-óceánon [57]

impozáns tűzerőnek tűnik, de a rakéta rövid hatótávolsága, és az a tény, hogy csak egyetlen harci résszel rendelkezik, igencsak behatárolja az indiai ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjáró csapásmérő képességeit.

A K-4 már közepes hatótávolságú, kétfokozatú szilárd hajtóanyagú rakéta, amely 2200 kg-os harci részét 3500 km-es távolságra röppítheti. Azonban a fegyver harci potenciálja – összehasonlítva a francia, az orosz, vagy az Egyesült Államok tengeralattjáróinak fedélzeti ballisztikus rakétaival –, alig nagyobb, mint az ezen országok 1960-as

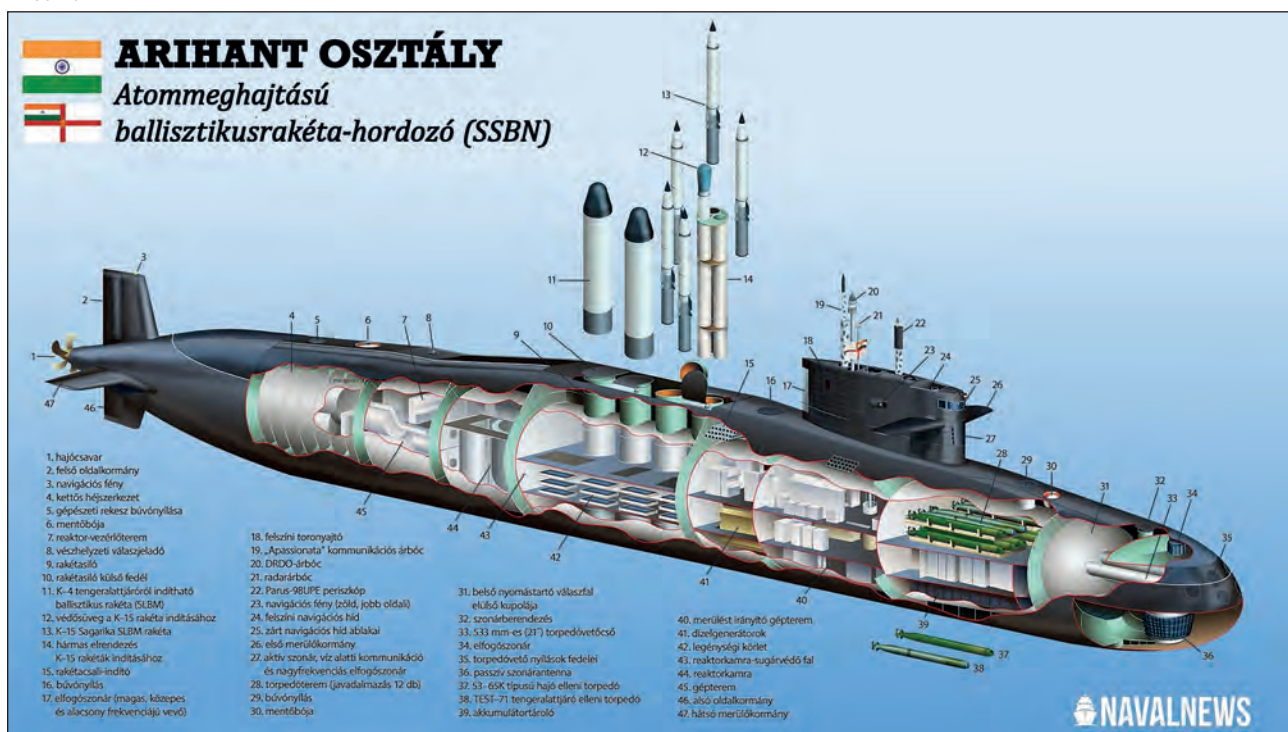
években alkalmazott, első generációs tengeralattjáróról indított rakétái. Ráadásul az Arihant – az általánosan alkalmazott 12–16 db függőleges rakéta-indítócsövekkel rendelkező SSBN kategóriájú tengeralattjárókkal ellentétben – indítócsöveiben mindössze 4 db K-4-es rakétát hordozhat, amelyeket csak egy-egy harci résszel szereltek fel, az Arihant tehát mindösszesen négy célpontot támadhat. A fejlesztés alatt álló K-5-ös rakétát már MIRV (Multiple Independently targetable Reentry Vehicle – önállóan a célra irányítható eszköz) nukleáris robbanó fejekkel tervezik felszerelni, de ezt a harcezkösztt valószínűleg, már csak az újabb generációs indiai ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjárókra telepítik. [49]

A rakéták tesztjeihez először Larsen & Toubro Limited által kifejlesztett Projekt 78 (P78) jelzésű, víz alatti rakéta-indítóállást építettek meg. Ez egy függőleges rakétaindító csővel ellátott, horgonyon rögzített keszonkamra volt, amely elég nagy volt ahhoz, hogy körülbelül 8–10 kezelő is lemerülhessen benne, és a tengeralattjárón alkalmazott rakétaindító teremhez hasonló berendezésen tesztelhesse a rakéták víz alatti indítását. A platformról víz alól, 20 méteres mélységből indítva sikerrel tesztelték a K-15 Sagarika rakétát, amely röppályája csúcsán 20 km magasságot ért el, harci része pedig 700 km távolságra repült. De a P78-as platformot sikerrel alkalmazták a tengeralattjárókról indítható orosz-indiai fejlesztésű BrahMos, hajók elleni robotrepülőgépek kipróbálásakor is. [47; 125. o.] (18. 20. és 21. ábrák)

### AZ INDIAI SSBN-FEJLESZTÉS JÖVŐJE

Az INS Arihant (S2) megépítésére méltán lehet büszke India, de ahogy azt a rakétafegyverek ismertetésénél elemeztük, a tengeralattjáró valós harcértéke erősen megkérdőjelezhető. Bár rendszerbe állították és 2018-ban hivatalosan is megkezdte a harci őrjáratokat, ez a teljesítmény az

22. ábra. Metszeti rajz az INS Arihant (S2) ballisztikusrakéta-hordozó atom-tengeralattjárójáról (A szerző szerkesztése az [58] alapján)





3. táblázat. A világ legújabb ballisztikusrakéta-hordozó atom-tengeralattjáróinak főbb technikai paramétereit\*  
(A szerző szerkesztése)

Gyártó nemzet		India		Kína	USA	Oroszország	Nagy-Britannia	Franciaország
Hajóosztály neve		Arihant	S-5	JIN	Columbia	Borei	Vanguard	Triomphant
Megépült / megépül [db]		1 / 3	0 / 3	6 / 2	0 / 12	6 / 8	4 / 0	4 / 0
Vízkesztés [t] felszínen / merülésben		5900/ 6600	13 500/ 14 900	?/11 000	20 810/ 21 140	14 720/ 24 000	?/15 900	12 640/ 14 335
Hosszúság [m]		~ 111	n. a.	135	171	170	149,9	138
Hajtómű-teljesítmény [MW], hajócsavar		83, egy hét- lapátos hajócsavar	190, n. a.	n. a.	n. a.	190, n. a.	n. a.	150, n. a.
Sebesség [km/h]	felszínen	28	n. a.	n. a.	n. a.	28	n. a.	n. a.
	merülésben	44	n. a.	n. a.	n. a.	57	46	46
Merülési mélység [m]		~ 300	n. a.	n. a.	n. a.	400	n. a.	400
Fegyverzet		6 db 533 [mm] torpedóvető cső, 12 db K-15 vagy 4 db K-4 ballisztikus rakéta	torpedóvető – n. a., 12–16 db K-6 MIRV ballisztikus rakéta	torpedóvető – n. a., 12 db JL-2 MIRV ballisztikus rakéta	2 db torpedóvető cső, 16 db Trident D5 MIRV ballisztikus rakéta	6–8 db, 533 [mm] torpedóvető cső, 16 db RSM-56 Bulava MIRV ballisztikus rakéta	4 db 533 [mm] torpedóvető cső, 16 db Trident D5 MIRV ballisztikus rakéta	4 db 533 [mm] torpedóvető cső, 16 db M45, vagy M51 MIRV ballisztikus rakéta
Ballisztikus rakéták hatótávolsága [km]		K-15: 750, vagy K-4: 3500	10 000–12 000	7500	12 000	~ 8300	12 000	M45: 6000, vagy M51: 8000–10 000
Személyzet [fő]		95	n. a.	n. a.	155	107	135	111

\* Az S-5, vagy az amerikai Columbia-osztály egyelőre csupán tervrajzon létező, a jövőben megépítendő egységek, több tengeralattjáró adatai jelenleg is titkosak, vagy hiteles adatok nem ismertek – a táblázatban ezeket az adatokat n. a. rövidítéssel jelölte a szerző. Az Arihant K-15, K-4-es rakétáit leszámítva mindegyik egység rakétái önállóan a célra irányítható nukleáris robbanófejekkel (MIRV) vannak felszerelve. Például a brit Vanguard-osztály 16 darab Trident II D5-ös rakétája – egyenként 8 darab nukleáris töltettel – elméletileg 128 célpont támadására képes.

indiai hadászati triád kiépítéshez még kevés. Az indiai haditengerészet is elismerte, hogy nem tudták eldönteni, hogy az Arihant csak egy technológiademonstrátor, vagy harci eszköz, de szolgálatba állították, mert kiképzésre és a másodlagos csapásmérő potenciál fenntartásra megfelelő. (23. ábra) [47; 127. o.] Az utóbbi kijelentéssel kapcsolatban megjegyzendő, hogy ezt egyetlen tengeralattjáróval, és azon mindössze 4 db rakéta-indítócsővel csak jelképesen lehet biztosítani. Az SSBN-ekkel rendelkező középhatalmak – Franciaország, Nagy Britannia –, doktrínája szerint ahhoz, hogy békeidőben folyamatosan biztosítani lehessen, hogy 1–3 ballisztikusrakéta-hordozó atom-tengeralattjáró őrzárton legyen, legalább 6 db ilyen eszköz rendszerben tartása szükséges. Ezt a két említett állam közül gyakorlatban csak Franciaország érte el, amikor a hidegháború végén, az 1980-as években valóban 6 db SSBN tengeralattjárója volt rendszerben, amelyeket folyamatosan járőrozottatott. Egy egység az oda-, egy a visszaúton, egy pedig a felvonulásra kijelölt óceán- vagy tengerszakaszon

biztosította merülésben haladva a francia atomerő második csapásmérő képességét. [50] A britek ezzel szemben csak 4 db Resolution osztályú ballisztikusrakéta-hordozó atom-tengeralattjáróval rendelkeztek, amelyek közül a gyakorlatban csak egyet tudtak folyamatosan járőrozttetni. [51] Érdemes tehát ehhez viszonyítani az egyetlen indiai SSBN lehetőségeit, és akkor még szóba sem került, hogy a francia és brit ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjáró egyenként 16 db függőleges rakéta-vetőcsővel, míg rakétáik újabb típusai már több harci részt is hordozó MIRV-vel rendelkeztek.

Természetesen felismerték ezt az indiai vezetők is, ezért az Arihanttal kezdődően, nagyszabású ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjáró-programot hirdettek. Az osztály második tagja, az INS Aridaman még hasonló elrendezésben készül, de már az orosz közreműködés teljes kizárásával, száz százalékban hazai gyártással építik meg.

A jövőben építendő egységek már teljesen új tervezésűek lesznek, 12 db ballisztikus rakéta-indító-csővel, és a már





23. ábra. A jövőben rendszeresíteni tervezett indiai K-5-ös tengeralattjáró fedélzeti rakétája. A háromfokozatú, több önállóan célra irányítható nukleáris töltettel felszerelt fegyverrendszer már összemérhető lesz az ellenfél, Kína hasonló eszközeivel. Az indítás után az orrkúpból kinyúló „aerodinamikai tűske” áramvonalasabb egyedi karakterisztikát ad a rakétának, az ötletet, az amerikai Trident rakétákon alkalmazott hasonló eszköz adhatta [59]

emlétt, a korábbiaknál nagyobb hatótávolságú, egyszerre több irányítható harci részt is célba juttató K-5-ös rakétákkal. [52] Ha a program megvalósul, az már méltó válasz lesz India ellenfeleinek – nem Pakisztánnak, hiszen a szomszédos országnak semmilyen atom-tengeralattjárója sincs, hanem a mintegy féltucat rakétahordozóval rendelkező valódi vetélytársnak, Kínának. Igaz, még a második generációs indiai SSBN-ek, és az új tengeralattjáró-fedélzetéről indítható ballisztikus rakéták sem fogják elérni azt a képességet, amivel az Amerikai Egyesült Államok vagy Oroszország ballisztikusrakéta-hordozó atom-tengeralattjárói rendelkeznek. Nevezetesen, hogy a fedélzetükről indítható interkontinentális ballisztikus rakéták biztosította hatótávolság miatt, akár a saját felségvizeiken, merülésben – így gyakorlatilag teljes biztonságban – az ellenség által érintetlenül kezdetnek megelőző nukleáris csapásmérést, majd továbbra is rejtve maradva biztosíthatják a második csapásmérés és a „visszavágás” lehetőségét is. [53] India számára aggasztó, hogy ezekkel a képességekkel már most rendelkezik a kínai SSBN-ek egy része, és a jövőben az újabb egységek is rendelkezni fognak.

#### HIVATKOZOTT IRODALOM

- [47] Josep P. Chacko, Foxtrot to Arihant, *The story of Indian Navy's Submarine Arm* (Dombivli West, Frontier India Technology, 2015). 120.;
- [48] Giles Sparrow, *Az Űrrepülés. M-Érték Kiadó*, Budapest, 2009. pp. 238–237. p.;
- [49] „India's 5,000 Km Range Submarine Launched Ballistic Missile To Significantly Enhance Its 2nd

Strike Capability”, *By EurAsian Times Desk* October 10, 2020 <https://eurasianimes.com/indias-5000-km-range-submarine-launched-ballistic-missile-to-significantly-enhance-its-2nd-strike-capability/> (Letöltve: 2022.4.24.);

- [50] Sárhaidai Gyula, *Atom-tengeralattjárók*. (Zrínyi Katonai Könyv- és Lapkiadó, hn.1987), 47.;
- [51] David Miller, *Korszerű hadihajók*. (Kossuth Könyv Kiadó, 1993), 116.;
- [52] Mazudmar Mrityunjoy, „All at sea”. *Jane's Defence Weekly*. (2019. June 19) 25.;
- [53] David Miller, *Modern Tengeralattjárók*. (Hajja & Fiai Kiadó, Debrecen, 1993), 70.;
- [54] Forrás: <https://cdnb.artstation.com/p/assets/images/images/007/421/833/large/sayantan-biswas-02.jpg?1506018777> (Letöltve: 2022.5.2.);
- [55] Forrás: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b7/The\\_tableau\\_of\\_Indian\\_Navy\\_passes\\_through\\_the\\_Rajpath\\_during\\_the\\_full\\_dress\\_rehearsal\\_for\\_the\\_Republic\\_Day\\_Parade-2014%2C\\_in\\_New\\_Delhi\\_on\\_January\\_23%2C\\_2014.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b7/The_tableau_of_Indian_Navy_passes_through_the_Rajpath_during_the_full_dress_rehearsal_for_the_Republic_Day_Parade-2014%2C_in_New_Delhi_on_January_23%2C_2014.jpg) (Letöltve: 2022.5.2.);
- [56] „#BrahMos Missile Underwater Launch | Submarine-Launched BrahMos” készítette Defending India 2022. márc. 24. YouTube videó [https://youtu.be/HA3M75ry\\_S0](https://youtu.be/HA3M75ry_S0) (Letöltve: 2022.5.2.);
- [57] Forrás: [https://defense-update.com/wp-content/uploads/2013/01/BO5\\_K15\\_test650.jpg](https://defense-update.com/wp-content/uploads/2013/01/BO5_K15_test650.jpg) (Letöltve: 2022.5.2.);
- [58] Forrás: <https://www.navalnews.com/wp-content/uploads/2021/05/Indian-Navy-Arihant-Class-Submarine-Cutaway-scaled.jpg> (Letöltve: 2022.5.2.);
- [59] Forrás: <https://www.strategicfront.org/forums/threads/agni-prithvi-ballistic-missiles-news-discussions.834/page-9> (Letöltve: 2022.5.2.).

#### JEGYZETEK

- 16 Nem szó szerinti fordítás. (A szerző.)
- 17 Nincs szó szerinti fordítása, az eredetivel megegyező méretű makett, mintadarab. (A szerző.)
- 18 Az amerikai USS George Washington (SSBN-598), a Skipjack osztályú SSN vadász-tengeralattjárók áttervezésével készült; a már sólyán álló USS Scorpion (SSN-589) módosították oly módon, hogy az orrszekció és a tat közé beépítették a 16 darab rakétaindító csövet. Az így „szabaddá” vált SSN-589 lajstromot és a Scorpion nevet, a gyártási sorban következő Skipjack osztályú vadász-tengeralattjáró kapta, amely 1968-ban katasztrófát szenvedett az Atlanti-óceánon. A brit Resultion osztályú SSBN-ek a Valiant osztályú SSN, a kínai Xia, a Han osztály, valamint a szovjet ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjárók több típusa is vadász tengeralattjárók módosításával készült el.

## HADITECHNIKA FOLYÓIRAT

A *Haditechnika* folyóirat szerkesztőségének elérhetőségei:

haditechnika@hm.gov.hu;  
<https://www.facebook.com/HTfolyoirat/>;  
[kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT/](http://kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT/);  
 telefon: 061-224-8306.



Dr. Kovács Zoltán\*

# Aknatelepítés: Keleten a helyzet jelentősen megváltozott

II. rész

Az előző részben megismertük a rendszerben történő aknatelepítésre, a távknásításra és aknaszórásra használt, mesterséges intelligenciát is alkalmazó korszerű orosz technikai eszközöket. A következő oldalakon pedig az aknákat tároló és célba juttató lőszerokről, aknakazettákról és néhány okosaknáról olvashatunk.

Az orosz haderő a légi vagy szárazföldi járművön elhelyezett, rendszeresített aknaszórók tárolására egyforma aknakazettákat használ, így azok bármelyik eszközhöz alkalmazhatók. Amennyiben azonban gépi eszköz sem áll rendelkezésre, az aknakazettákban elhelyezett aknák egy hordozható mobil aknaszóró platformmal is kivethetők. A távknásító és az aknaszóró járművek speciális rakétalőszerkeiben és az aknakazettákban eltérő mennyiségű, különböző típusú harckocsi elleni, gyalogság elleni vagy deszant elleni akna helyezkedik el. Ezek az aknák szerkezeti kialakításuk miatt csak szórással telepíthetők, kézi erővel nem. Az egyik legújabb orosz aknatípus, egy torony elleni, területvédő harckocsiakna azonban, egyelőre kizárólag kézzel telepíthető. A legújabb generációs aknatípusok már a mesterséges intelligenciát is alkalmazzák a célpontok azonosítására, és a legoptimálisabb időpontban történő leküzdésére.

## A SPECIÁLIS RAKÉTÁK ÉS AKNAKAZETTÁK

Az új ISZDM távknásító eszköz-höz és más, hasonló csőátmérőjű tűzérési eszköz-höz egyaránt használható 122 mm-es rakétaváltozatoknak számos variációja áll rendszerben. A külső méreteik teljesen megegyeznek, a működési elvük is egyforma, a belsőjükben azonban különböző típusú és mennyiségű harckocsi vagy gyalogság elleni aknák helyezkednek el. (16. ábra) Csak néhány példát kiragadva, a 9M28K irányítás nélküli rakéta 3 darab PTM-3 (Противотанковая мина) típusú, közelségi gyújtóval rendelkező harckocsi elleni aknát tartalmaz. A rakéta tömege 57,7 kg – amelyből 22,8 kg az aknákat is tartalmazó harci fej tömege –, hosszúsága 3019 mm, a hatótávolsága 13,4 km.

Az ugyancsak 122 mm átmérőjű 3M16 irányítás nélküli rakéta 5 darab POM-2 (Противопехотная

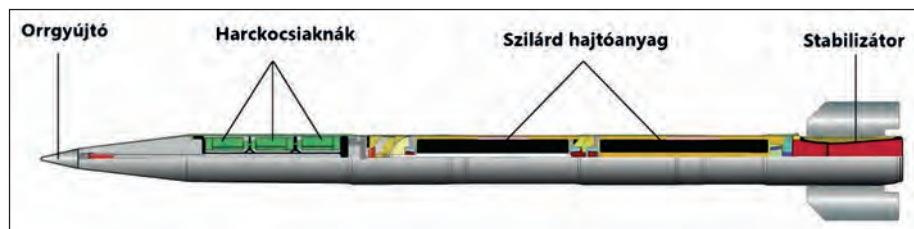
Осколочная Мина) típusú gyalogság elleni repeszaknát tartalmaz, amelyek kb. 250 m<sup>2</sup> területen szóródnak szét. A rakéta tömege 56,4 kg – amelyből 21,6 kg a harci fej tömege –, hosszúsága 3019 mm, hatótávolsága 13,4 km.

A rakéták első részében található gyújtószerkezet a beállított időtartam eltelte után, a levegőben szétveti a rakéta aknákat tartalmazó részét, így az aknák a hozzájuk rögzített kis ejtőernyők segítségével épségben érhetnek talajt.

A szórt aknamezők létesítésére képes VSZM-1 helikopteres aknaszóró és az UMZ szárazföldi aknaszóró-család mindhárom típusa, illetve a katonák részére rendszeresített РКМ-1 (Переносной Комплект Минирования) hordozható mobil aknaszóró platform, ugyanazokat az aknakazettákat használhatja. A harckocsi elleni, gyalogság elleni vagy deszant elleni aknákat tartalmazó, leggyakrabban alkalmazott kazettatípusok és aknatartalmuk:

- KSZF-1 (72 db PFM-1 gyalogsági akna);
- KSZF-1SZ (64 db PFM-1SZ gyalogsági akna);
- KSZF-1SZ-0,5 (36 db PFM-1 és 36 db PFM-1SZ gyalogsági akna);
- KSZO-1 (8 db POM-1 gyalogsági akna);
- KPOM-2 (4 db POM-2 gyalogsági akna);
- KPOM-3 (4 db POM-3 gyalogsági akna);
- KPTM-1 (3 db PTM-1 harckocsiakna);
- KPTM-3 (1 db PTM-3 harckocsiakna);
- KPTM-4 (2 db PTM-4 harckocsiakna);
- KPDM-4 (1 db PDM-4 deszant elleni akna).

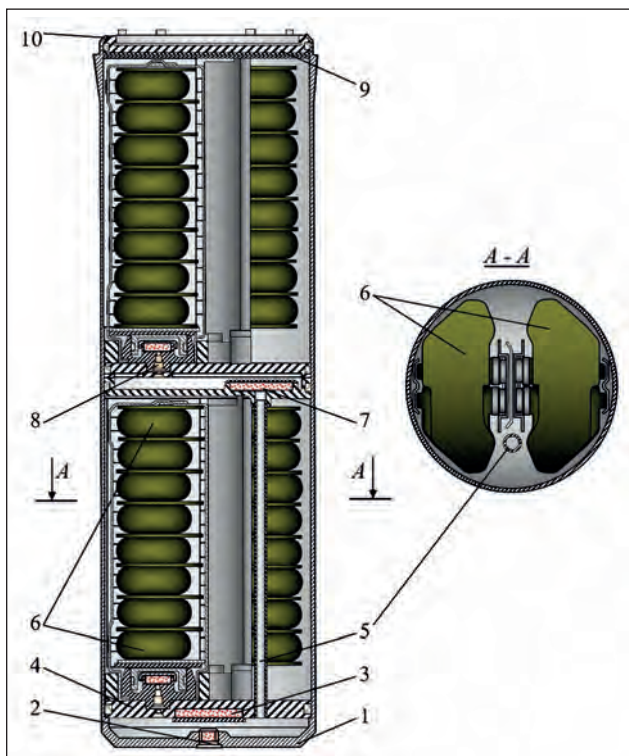
16. ábra. Távknásításhoz alkalmazott rakéták elvi felépítése (A szerző szerkesztése a [13] alapján)



4. táblázat. Néhány aknakazetta-típus jellemző főbb adatai (A szerző szerkesztése)

Aknakazetta típusa	KPTM-4	KSZF-1	KPOM-2	KPOM-3	KPDM-4
– tömege (kg)	9,6	9,2	9,6	9,0	9,2
– magassága (mm)	480	480	480	480	480
– átmérője (mm)	140	140	140	140	140
Aknamennyiség a kazettában (db)	2	72	4	4	1
Kivetőtöltet tömege (g)	10	7	7	4	n. a.

\* Alezredes, egyetemi docens, NKE HNK Műveleti Támogató Tanszék. ORCID: 0000-0001-9098-1997



17. ábra. A KSZF-1SZ aknazaketta felépítése és főbb részei: 1 – kazettatest; 2 – EKV-30M csappantyú; 3 – kivetőtöltet; 4 – dugattyú; 5 – gázvezető cső; 6 – aknák; 7 – szétválasztó töltet; 8 – pirotechnikai késleltető; 9 – fedél; 10 – rögzítőlap (A szerző szerkesztése a [14] alapján)

Valamennyi aknazaketta külső méretei egyformák (lásd 4. táblázat), a belső kialakításuk pedig attól függően változik, hogy milyen típusú és mennyiségű aknát tartalmaznak.

A KSZF-1SZ aknazaketta (17. ábra) például kevesebb aknát tartalmaz – ezek azonban önmegsemmisítő mechanizmussal is el vannak látva – mint a KSZF-1 kazetta, mivel azonban a kivetőtöltetük megegyezik, így egyformán 30–35 m távolságra képesek kivetni magukból a bennük elhelyezett aknákat.

Külön érdekesség, hogy a kazettában a PFM-1SZ aknák kettésével, a gyújtóikkal egymás felé összefordítva helyezkednek el, és egymás aknagyújtóját kölcsönösen biztosított helyzetben tartják azzal, hogy az egyik gyújtó alsó vége benyomva tartja a másik gyújtó kiálló biztosítórúdját, ezért a csappantyú nem tud éles helyzetbe fordulni csak a kazettából történő kijutást követően, amikor az aknák eltávolodnak egymástól.

Az aknazaketták működési elve is hasonló egymáshoz – egy kivetőtöltet kilövi az aknát/aknákat a kazettából, majd a levegőben történő szétszóródást követően különböző távolságokban érnek talajt –, ezért az összes típus részletesebb bemutatására most nem térünk ki, példaként csak a már említett KSZF-1SZ aknazaketta működését ismertetjük röviden. (A KSZF kazettacsalád 30–35 m-re, a KPOM-2 és KPOM-3 kazettákból 2 db akna 30–70, a másik 2 db akna 70–110 m-re, míg a KPTM kazettacsalád és a KPDM-4 kazetta 30–100 m-re veti ki a bennük található különböző típusú aknákat.)

Az aknák kivetési folyamatának megindításához minden esetben az aknazaketta talpán elhelyezkedő EKV-30M csappantyúval (18. ábra) közölt 25–30 Volt nagyságú egyenfeszültség szükséges. Ezután a csappantyú pirotechnikai része (2) indítja az aknazaketta alsó részén talál-



18. ábra. Az EKV-30M csappantyú [15]

ható kivetőtöltetet (3), amelynek a detonációja során keletkező forró gázok a dugattyút (4) felfelé nyomva, áthaladnak a gázvezető csövön (5).

A megnövekedett nyomás hatására a kazetta fedele (9) felfelé igyekszik mozogni, közben kihajtja a rögzítőlapot (10) helyén tartó, behajtott zárófüleket. Az aknák (6) kezdik elhagyni a kazettát, majd elműködik az aknatömböket szétválasztó felső (7) és alsó töltet, a pirotechnikai késleltetőknél (8) lévő kis töltetek pedig szétvetik az aknákat, amelyek ezt követően már szabadon tudnak szétszóródni.

A különböző kazettákban elhelyezhető aknák többsége már több évtizede áll hadrendben az orosz fegyveres erőknél, azonban a KPOM-3 aknazakettában található, különleges képességekkel rendelkező „intelligens” POM-3 akna csak alig néhány évvel ezelőtt került be az orosz műszaki csapatok arsenáljába.

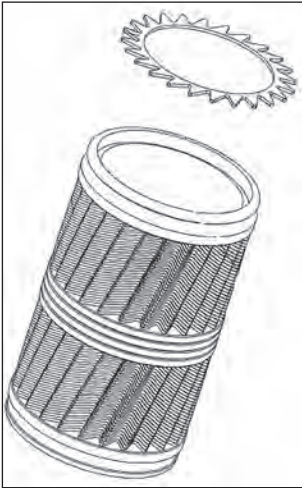
### A POM-3 GYALOGSÁG ELLENI REPEZAKNA

A POM-3 gyalogság elleni repeszaknát (Противопехотная Осколочная Мина-3) „Medalion” (Медальон) besorolva is említik, amelyet állítólag a fogaskerék formájú, fémlemez alakja után kapott. Az akna nem tartalmaz repeszként szolgáló fémgolyókat vagy fémhengereket, és az aknatest sincs bordázattal kikönnyítve a könnyebb szétszakadás, a repeszképződés elősegítése érdekében. (19. ábra)



19. ábra. A POM-3 akna fontosabb részegységei egy aknamodell metszetén [16]





20. ábra. Repeszképző fémtömb, és annak egyik fogazott félemez alkotóeleme (A szerző szerkesztése a [17] alapján)

Az aknatesten belül egy repeszképző fémtömb található, amelynek alakja egy ferde fogazatú hengeres fogaskerékhez hasonlít, de valójában fogaskerék formájú félemezekből áll, amelyek egymás fölött, egymáshoz képest kissé elforgatva helyezkednek el. (20. ábra)

Az akna robbanótöltetének detonációja akár 1500 darabra szakítja ezeket a

fogazott fémlapokat (21. ábra), amelyekből kis háromszögletű, medálka (medalion) alakú fémdarabok, fémrepeszek képződnek.



21. ábra. A POM-3 gyalogsági akna fogazott repeszképző félemezeinek egyike [18]

A repeszaknának nincsenek botlódrtójtjai és elektromos vezeték sem kapcsolódik hozzá, ugyanis a célpontnak sem kell közvetlen kapcsolatba kerülni vele, és egy katonának sem kell megfigyelnie és parancsindítással elmozdítani az aknát, mert a világon első gyalogsági repeszaknaként érintés nélküli aknagyújtóval rendelkezik, amelyet egy szeizmikus érzékelő aktivál. Az akna fejlesztéséről, orosz szakmai berkeken belül még 2015-ben jelentek meg az első, eléggé hiányos és felületes információk, mára már kissé részletesebb adatokat (5. táblázat) lehet tudni az orosz TECHMAS (Технологии Машиностроения: ТЕХМАС) cég által készített, kizárólag saját gyártású alkatrészekből álló, mesterséges intelligenciával felruházott műszaki harcanyagáról.

Az aknát kézzel nem lehet telepíteni, csak a különböző aknaszóró eszközök és platformok által használt KPOM-3 típusú aknakazettában elhelyezve, amelyben 4 darab akna található. (22. ábra) Az aknák párosával összekapcsolva egymás mellett, a két aknapár pedig egymás fölött helyez-

5. táblázat. A POM-3 gyalogsági repeszakna főbb adatai (A szerző szerkesztése)

Tömeg	1,2 kg
Átmérő	53 × 60 mm
Magasság	183 mm
Robbanótöltet tömege	99 g
Robbanótöltet anyaga	A-IX-1
A cél észlelési távolsága	13 m
Hatásos távolság	8–12 m
Keletkező repeszek mennyisége	~1350 db
Önhatástalanítási idő	0,5; 1; 2; 4; 8 nap
Működési hőmérséklet	-40 °C – +50 °C

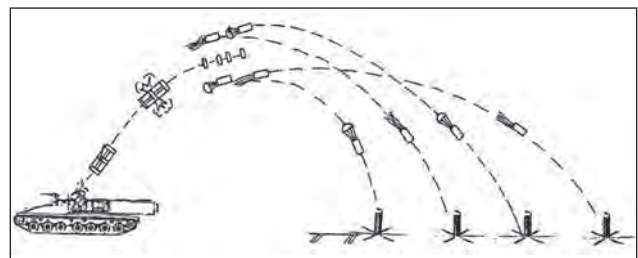


22. ábra. KPOM-3 (j) és KPTM-4 (b) aknakazetták, előttük a POM-3 gyalogsági (j) és PTM-4 harckocsi elleni (b) aknák [19]

kedik el a kazettában. Az aknatest 5,3 cm átmérőjű, hengeres alakú, kívülről hozzárögzítve található a szeizmikus érzékelő háza, amely 6 cm-re növeli az egyik keresztirányú átmérőt. Az akna magassága alig haladja meg a 18 cm-t, a tömege 1,2 kg, amelyből mindössze 0,1 kg az orosz A-IX-1 típusú flegmatizált hexogén (95% RDX + 5% flegmatizálóanyag) robbanótöltet.

A 4 darab POM-3-ból álló aknablokk aknakazettából történő kivetése után 0,4 ± 0,2 másodperc késleltetéssel két darab, egyenként 2 gramm tömegű, DRP-2 (Дымный Ружейный Порох: ДРП) füstölőpor anyagú blokkelválasztó töltet különíti el az aknákat, és a kivetett egyéb alkatrészeket egymástól. Az aknák az aknatest felső részéhez

23. ábra. A POM-3 akna telepítési folyamatának sematikus ábrája (A szerző szerkesztése a [20] alapján)





24. ábra. POM-3 akna talpra állított, telepített helyzetben, nyitott stabilizáló lábakkal, az aknatest mellett a szeizmikus érzékelő házával [18]

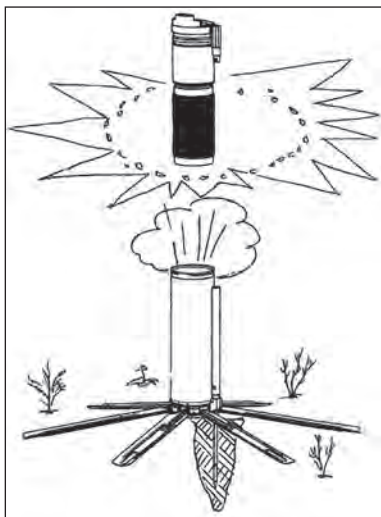
kapcsolt stabilizációs szalagok vagy ejtőernyő által szabályozva a telepítésközöttől akár 30–110 méter távolságra is eltávolodhatnak a földet érésükig. (23. ábra)

A talajjal érintkezve, az aknazetttében történő tárolás és a kivetés ideje alatt eddig az aknatesthez simuló 6 darab rugós feszítésű talp kinyílik, és az aknát „talpra állt” helyzetben stabilizálja (24. ábra). A szeizmikus érzékelőszonda kilövéődik a házából, és belemélyed az akna alatti talajba.

Az akna „agyát” a speciális elektronikus egység, egy mikrochip alkotja, amely a szeizmikus érzékelő jeleinek feldolgozásáért és a vezérlőegység számára kiadott utasításokért felelős. Az aknatest mellett földbe mélyedő szeizmikus érzékelő által észlelt és továbbított rezgéseket az elektronikus egység összehasonlítja a tárolt adatbázissal. Ha a rezgések megegyeznek az emberi lépések által keltett rezonanciával és megfelelő amplitúdójúak, a vezérlő utasítást ad az akna harczi részének indítására.

Egy kivetőtöltet az aknatestből 1–1,5 méter magasságig kilövi a belső részegységeket, ott történik meg a repeszképző tömb belsejében elhelyezett 99 gramm tömegű robbanótöltet detonációja, amely szétszakítja a fogazott fémlemezeket. A keletkező repeszdarabok, 10–12 m sugarú körben szétterülve képesek halálos sérülést okozni. (25. ábra)

A kifinomult rezgésérzékelő és a memóriában tárolt adatok miatt a POM-3-as aknából álló aknamezőt rendkívül nehéz az ellenségnek leküzdenie. Itt nem működik pl. az Afganisztánban gyakran sikeresen alkalmazott átjárónyitási módszer sem, amikor egy birkanyáját hajtottak át az aknamezőn, hogy az állatok működtessék el az aknákat, és az



25. ábra. A repeszakna működési elve (A szerző szerkesztése a [21] alapján)



26. ábra. Az aknazetttében elhelyezkedő akna önhatástalanítási idejének beállítása [18]

életük árán létesítsenek aknameztes átjárót. A POM-3 ugyanis semmilyen módon nem reagál pl. az állatok és egyéb tárgyak, technikai eszközök által keltett rezgésekre!

A telepítést megelőzően az ötféle lehetséges működési időtartam aknazetttében beprogramozott értékének (26. ábra) eltelte után – meg nem erősített információk szerint – csak a telepített akna elektronikus vezérlőegysége és gyújtószerkezete semmisíti meg önmagát, az aknatest és annak fémből készült részét, illetve a robbanótöltet épségben maradnak. Tehát csak önhatástalanítás következik be, nem pedig önmegsemmisítés, ami az akna teljes felrobbanásával járna!

Ugyancsak önhatástalanítási folyamat következik be, ha az ellenség a szeizmikus érzékelési távolságon kívülről pl. egy kötél végére rögzített aknahorog vagy dobókörte segítségével próbálja meg a helyéről elmozdítani, elhúzni vagy felborítani a telepített aknát.

Mivel a vezérlőelektronika minden részegységét az orosz ipar készíti, az akna „agyát” jelentő mikrochip a megsemmisülése miatt soha nem fedi fel a titkát az ellenségnek.

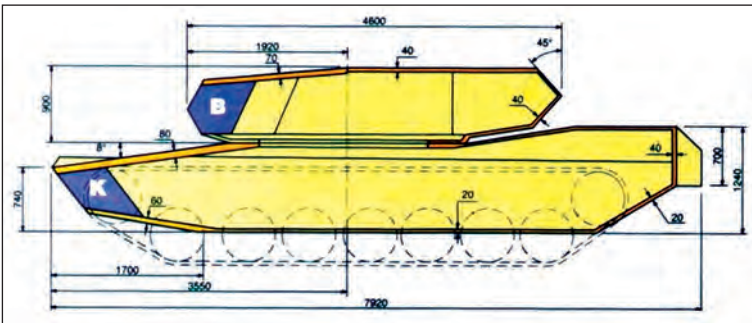
Az akna elektronikus vezérlőmoduljának néhány funkciója – szintén hivatalosan meg nem erősített információk szerint – távolról is beállítható vagy módosítható: pl. az előre beállított önhatástalanítási időtartam később megváltoztatható, vagy akár teljes mértékben törölhető. Ez utóbbi esetben az elektronikai rendszer kikapcsol, az akna veszélytelenül gyalogosan is megközelíthető, szállítási módba visszabiztosítható és felszedhető, így később lehetőség nyílik újra elhelyezni egy aknazetttében és telepíteni.

A gyártó cég bejelentése szerint azonban máris az akna további technológiai fejlesztésén dolgoznak: a jövőben képes lesz önállóan megkülönböztetni a katonákat a polgári személyektől, és csak akkor működik el, ha katonai gyalogos célpont közeledik felé. Így az akna még a rövid működési időtartama alatt sem jelent majd semmilyen veszélyt a polgári lakosságra.

### PTKM-1R TERÜLETVÉDŐ HARCOKCSI ELLENI AKNA

A PTKM-1R (Противотанковая противокрышевая мина-1P) területvédő vagy torony elleni harcokcsiakna az orosz műszaki csapatok egyik legújabb harcanyaga, amelyet 2018 óta tesztelnek. Nevében az egyes szám mutatja, hogy ebből az aknatípusból ez az első változat, az „R” betű pedig az akna kézzel történő (Ручная) telepítésre utal. A tavalyi esztendőig kevés információt közöltek az akna jellemzőiről és működéséről, a nyilvánosságnak pedig csak a





27. ábra. Az M1A2 Abrams közepes harckocsi páncélzatának jellemző vastagsága milliméterben [22]

Moszkvában 2021. augusztus 22–28. között megrendezett Army 2021 haditechnikai kiállításon mutatták be, majd a külföldi bemutatkozásra is hamarosan sor került Kairóban, a november 29. és december 2. között rendezett EDEX (Egypt Defence Expo) védelmi kiállításon.

A harckocsik páncélvédeltsége az alváz és a torony elülső részén a legnagyobb. A páncéltörő rakéták – és az oldal elleni harckocsiaknak – megjelenése miatt a gyártók körkörösre megnövelték a páncélzat vastagságát, valamint – a kumulatív hatású aknáknak és az improvizált robbanószerkezetek elleni védelem miatt – az alsó haspáncélt is megerősítették. A tető (torony) elleni harckocsiaknak azonban felfülről támadják meg a harckocsik és harcjárművek leggyengébb, legsebezhetőbb részét, a motorteret, amely az alváz hátulsó részén található, és vékonyabb páncélzattal védett (27. ábra), valamint általában ott helyezkednek el a motor légbeömlőnyílásai is.

A PTKM-1R típusú akna méretei és tömege miatt csak kézi erővel telepíthető. Az eszköz közel 20 kg, szállítási helyzetben 510 mm magas és 220 mm átmérőjű, hengeres alakú.

Az akna két fő része az alul található szállító/indító konténer, valamint a felül elhelyezkedő harci részegység. Előbbihez csatlakozik a 8 darab rugós feszítésű stabilizáló talp, közülük két talphoz rögzítve a 2 darab szeizmikus célérzékelő, a 4 darab rugós feszítésű akusztikus érzékelő, valamint az akna belsejében található egy áramforrás, egy elektromos motorral meghajtott fogazott forgótányér és egy kivetőtöltet. Szállítási helyzetben a stabilizáló talpakat és a mikrofonokat felhajtott, összecukott állapotban egy rögzítópánttal odaszorítják a testhez. (28. ábra)



28. ábra. A PTKM-1R akna szállítási helyzetben, a stabilizáló talpakat rögzítópánttal szorítják az aknatesthez [23]

A harci részegységben található a kumulatív kiképzésű béléslemezzel rendelkező robbanófej, amelynek detonációja kialakítja az ún. robbanással formált lövedéket (Explosively Formed Penetrator – EFP), amely mintegy 2500 m/s sebességgel eltalálva a célpontot képes átütni akár a 70 mm

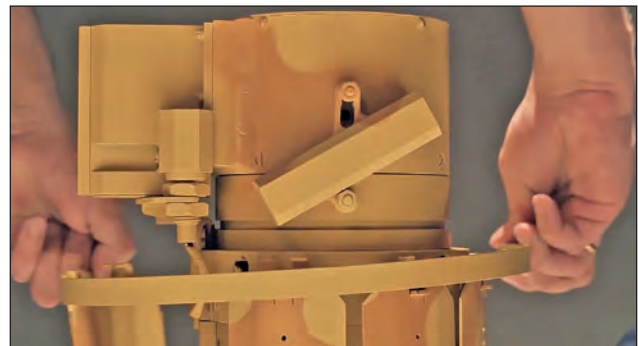
vastagságú hengerelt homogén páncélzatot is. (6. táblázat)

A részegység tartalmaz még egy áramforrást, egy indítóöltetet, infravörös és rádiólokációs célérzékelőket, valamint az akna külső felületén egymással szembeni oldalakon a harcirész tengelyéhez képest ferde szögben rögzített két darab impulzusszélesség-vezérelt hajtómotort.

Az aknát telepítéskor lehetőleg vízszintes talajra kell helyezni, majd ki kell oldani a rögzítópántot összefogó békázarat. (29. ábra) A pánt eltávolítása felszabadítja a rugós feszítésű, stabilizáló talpakat, és a szintén rugók által feszített, felfelé felnyíló akusztikus érzékelők karjait. (30. ábra)

6. táblázat. A PTKM-1R torony elleni akna főbb adatai (A szerző szerkesztése)

Tömeg	19,9 kg
Robbanótöltet-tömeg	2,8 kg
Működési hőmérséklet	–40 – +70°C
Átmérő	220 mm
Magasság	510 mm
Élesítés-késleltetési idő	6 perc
Homogén páncél átütése	max. 70 mm
Önhatástalanítási idő	1–10 nap
Célfelderítés távolsága	max. 100 m
Pusztító képesség	max. 60 m



29. ábra. A rögzítópánt levétele az aknatestről [24]

30. ábra. Telepített helyzetben látható PTKM-1R akna az EDEX-2021 kiállításon. Az akna mögött a levett rögzítópánt, a biztosítószeg gyűrűjén piros figyelmeztető szalag [25]





31. ábra. Az aknatest oldalán található biztosítószege (A szerző szerkesztése a [24] alapján)

A kinyíló talpak, amelyek végein található karmok a talajba marnak, és függőleges vagy enyhén ferde, álló pozícióban stabilizálják az aknát. A biztosítószege (31. ábra) eltávolítása után, a beépített késleltető mechanizmus 6 perc elteltével készenléti üzemmódba helyezi az aknát.

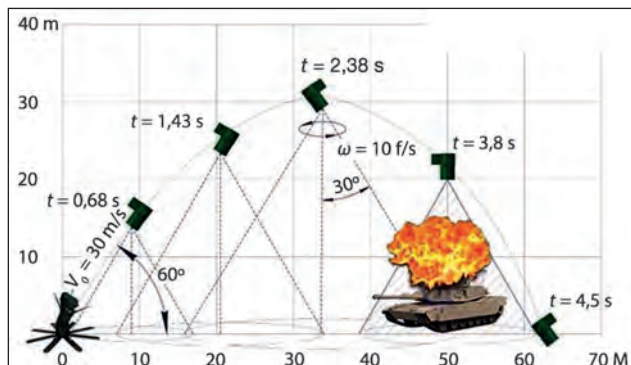
A szeizmikus érzékelők már 100–120 méter távolságból képesek érzékelni a közeledő cél által keltett talajrezgéseket, ekkor az akna státusza készenléti helyzetéről élesített (harckész) helyzetre változik. Aktiválódnak az akusztikus érzékelők is, amelyek meghatározzák a célpont pontos irányát. Az aknatest felső része egy elektromotorral mozgatta a harci résszel együtt a cél irányába fordul.

A vezérlőegység feldolgozza mindkét érzékelőtől (szeizmikus és akusztikus) kapott jeleket, és csak akkor indítja el a célazonosítást, ha mind a zaj, mind pedig a talajrezgés értéke meghaladja a memóriájában tárolt, az adott járműfajta-hoz rendelt küszöbértéket.

A vezérlő, az akusztikus jel tulajdonsága alapján meghatározza az aknatest robbanófejét is magába foglaló felső részének dőlésszögét (a függőlegestől legfeljebb 30 fok lehet), valamint az indítás optimális időpontját. Amikor a céljármű kb. 50 méter távolságra megközelíti az aknát, az aknatestben található kivetőtöltet 30 m/s kezdősebességgel kilövi a harci részegységet, amelyik közel 2,4 másodperc idő alatt éri el a parabolikus röppályája 30 méter magasságban található csúcspontját, az aknától 30–35 méterre eltávolodva. A levegőben haladva a harci rész az impulzusszélesség vezérelt hajtóműveknek köszönhetően saját tengelye körül 10 fordulat/másodperc fordulatszámmal pörög. (32. ábra)

32. ábra. A harci részegység röppályája és mozgásának főbb paraméterei

(A szerző szerkesztése a [25] alapján)



A harci rész oldalán található infravörös hőérzékelő, valamint a talajt pásztázó rádiolokációs érzékelő befogják a célpont magas hőmérsékletű részeit (a motort vagy a kipufogót), majd az indítást követő 4. másodpercben körülbelül 20 méteres magasságban felrobban a robbanófej töltete, a kumulatív béléselemezéből kialakuló olvadt fémnyíl pedig felülről támadja a járművet borító páncélzatot. (33. ábra)

Az akna pusztítóképeségének maximális távolsága 60 méter, amelyen belül legfeljebb 50 km/h sebességgel mozgó célpontot képes támadni.

A leküzdendő célpontok típusát a telepítéskor kell beállítani. A vezérlőegység a POM-3 típusú gyalogsági aknához hasonlóan egy adatbázist tárol, a benne rögzített paramétereket összehasonlítva az aktuálisan érzékelt hang- és talajrezgéssel, az akna önállóan képes eldönteni, hogy pusztítani kell-e a közeledő célpontot. Például telepítéskor „harckocsi” típusú célpont beállítása esetén, az akna nem támad könnyű páncélozott és páncélvédettség nélküli lánctalpas, illetve kerek járműveket, mert az általuk keltett rezgéshullámok nem érik el a küszöbértéket.

33. ábra. A robbanófej által létrehozott olvadt fémnyíl felülről rombolja a harckocsi páncélját [26]





Az akna alkalmazási hőmérséklettartománya  $-40^{\circ}\text{C}$  –  $+70^{\circ}\text{C}$ , a vezérlőegység önmegsemmisítő mechanizmusát pedig napi lépcsőzéssel 1–10 nap közötti értékre lehet programozni. A PTKM-1R akna hatékonyan alkalmazható szilárd burkolatú és talajutak zárására – néhány aknát az úttól 10–40 méter közötti távolságra elhelyezve –, vagy aknamező létrehozására, amelyben az aknákat elegendő egymástól 100 méter távolságra telepíteni.

## ÖSSZEGÉS

A szárazföldi katonai műveletek dinamikája megköveteli, hogy a robbanó műszaki zárat, az aknamezőket a lehető leggyorsabban, akár nagy távolságra, közvetlenül az elleneséges csapatok körleteire, útvonalaira lehessen telepíteni. Az orosz haderőben is a távaknásítással, szórással történő aknatelepítésre helyeződött a hangsúly, a telepítőeszközök és az általuk használt harckocsi elleni, valamint a gyalogsági aknák folyamatos modernizáción mennek keresztül.

Az aknákat tartalmazó aknazettákat a különböző aknazóró járművekre integrált konténerek egyformán alkalmazhatják, a kazetták pedig többféle aknatípussal is feltölthetők. A műszaki zárási feladatokra alkalmazott telepítőeszközök mesterséges intelligenciát is használnak, az aknák önhatalmítási mechanizmussal történő ellátása pedig csökkenti a polgári lakosságra leselkedő veszélyt, az aknák nem maradnak évtizedekig élesítve a korábbi hadszíntereken.

A legkorszerűbb aknatípusok már a célok között is különbséget tudnak tenni, megválogatják, hogy mit pusztítanak. Bár a PTKM-1R akna néhány jellemző tulajdonsága és a működési elve nagyban hasonlít a három évtizeddel ezelőtt megjelent amerikai M93–Hornet torony elleni aknára [27], korszerűsége és hatékonysága nem vitatható. Amennyiben a POM-3 akna tervezett katonai-polgári célmegkülönböztető képességének technikai kifejlesztése is megvalósul, az aknák fokozatosan olyan „okoseszközökké” válnak, amelyek kizárólag a harc során, és csak a hadviselő felekre jelentenek veszélyt.

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [13] Forrás: <https://missilery.info/missile/uraga/9m27k2> (Letöltve: 2021.11.30.);
- [14] Forrás: <http://www.myshared.ru/slide/743022/> (Letöltve: 2021.11.30.);
- [15] Forrás: [http://soviet-ammo.ucoz.ru/index/ekv\\_30/0-354](http://soviet-ammo.ucoz.ru/index/ekv_30/0-354) (Letöltve: 2021.11.30.);
- [16] Forrás: <https://army-news.org/2015/12/protivopexotnaya-mina-pom-3-medalon/> (Letöltve: 2021.11.30.);
- [17] Forrás: [https://img.findpatent.ru/img\\_data/1068/10689287-o.jpg](https://img.findpatent.ru/img_data/1068/10689287-o.jpg) alapján szerkesztettem (Letöltve: 2021.11.30.);
- [18] Forrás: <https://www.youtube.com/watch?v=m4Mwmlan9JE&t=2214s> (Letöltve: 2021.11.30.);
- [19] Forrás: <https://soyuzmash.ru/news/companies-news/armiya-2019-umnye-miny-ot-kontserna-tekhmash/> (Letöltve: 2021.11.30.);
- [20] Forrás: [https://img.findpatent.ru/img\\_data/1089/10893262-o.jpg](https://img.findpatent.ru/img_data/1089/10893262-o.jpg) (Letöltve: 2021.11.30.);
- [21] Forrás: [https://img.findpatent.ru/img\\_data/1149/11493154-o.jpg](https://img.findpatent.ru/img_data/1149/11493154-o.jpg) (Letöltve: 2021.11.30.);
- [22] Forrás: <https://www.youtube.com/watch?v=BMS8aCIJ8zo> (Letöltve: 2021.11.30.);
- [23] Forrás: [http://roe.ru/pdfs/pdf\\_7171.pdf](http://roe.ru/pdfs/pdf_7171.pdf) (Letöltve: 2021.11.30.);
- [24] Forrás: <https://www.youtube.com/watch?v=zqtFhqSNUbY> (Letöltve: 2021.11.30.);
- [25] Forrás: <https://www.edrmagazine.eu/russia-exhibits-for-the-first-time-abroad-its-ptkm-1r-top-attack-antitank-mine> (Letöltve: 2021.11.30.);
- [26] Forrás: [http://soviet-ammo.ucoz.ru/\\_si/2/03976175.jpg](http://soviet-ammo.ucoz.ru/_si/2/03976175.jpg) (Letöltve: 2021.11.30.);
- [27] Kovács Zoltán. „M93 Hornet – az intelligens akna,” *Haditechnika* 36. évf. 3. szám (2002): 26–29.

## HM ZRÍNYI TÉRKÉPÉSZETI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS SZOLGÁLTATÓ KÖZHASZNÚ NKFT.

Telephely: 1024 Budapest II., Szilágyi Erzsébet fasor 7–9. • 1276 Budapest 22, Pf. 85 • +36 (1) 336-2030 • [www.topomap.hu](http://www.topomap.hu) • [hm.terkepesz@topomap.hu](mailto:hm.terkepesz@topomap.hu)



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

### • PrePress – Nyomdai előkészítés

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

### • Gyorsokszorosítás

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

### • Press – Nyomtatás

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

### • PostPress – Kötészetű feldolgozás

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

### • Vákuumformázás

- vákuumformázó szerszámok, terepasztlak előállítása CNC-technológiával
- vákuumformázás

### ÜGYFÉLSZOLGÁLAT ÉS TÉRKÉPBOLT:

1024 Budapest II., Filler u. 14.

+36 (1) 212-4540 • [ugyfelszolgalat@topomap.hu](mailto:ugyfelszolgalat@topomap.hu)

Nyitva tartás: hétfő–péntek 9.00–16.30

NYOMDAI GYÁRTÁSELŐKÉSZÍTÉS: +36 (1) 336-2035

1. ábra. Az Apollo-program első geológus asztronautája Dr. Harrison „Jack” Schmitt (Apollo-17) a gereblye használata közben [12]



Dr. Punczman Ádám Tamás\*

## Az égitestek bányászata I. rész

Az égitestek bányászatának technológiai nehézségeit kiválóan reprezentálják az eddig lefolytatott, tudományos célú mintagyűjtő küldetések. Az emberiségnek sikerült már a Holdról, aszteroidáról és üstökösről is mintákat gyűjtenie. Ezek mennyisége az ipari méretű kitermeléstől messze elmarad ugyan, továbbá a küldetések száma is kevés, a folyamat iránya mégis arra mutat, hogy az égitestek bányászata a távoli jövőben megvalósulhat.

2015 óta folyamatosan növekszik azon államok száma, amelyek nemzeti törvényeikkel biztosítják magánszemélyek számára az égitestekből kinyert erőforrások tulajdonjogát. Közben a nemzetközi világűrjogban az Amerikai Egyesült Államok az Artemis-megállapodás<sup>1</sup> keretében egyre több szövetségest talál, akik szerint az űrerőforrások kereskedelmi céllal kisajátíthatók. Ezzel szemben Oroszország, valamint Kína ellenzi az amerikai koncepciót, és megállapodtak egy saját kutatóbázis megépítésében a Hold felszínén. A tanulmány áttekintő jelleggel ismerteti az égitestek bányászatának technológiai kihívásait és jogi

vonatkozásait, ezzel is rámutatva, hogy e tevékenység során milyen szempontokat szükséges figyelembe venni.

### LEHETSÉGES KITERMELÉSI HELYEK

Naprendszerünkben több égitest is a kitermelés potenciális célpontjává válhat. Éjszakai égboltunk állandó kísérője a Hold, a felszínét borító regolit<sup>2</sup> feldolgozásával abból különböző anyagok vonhatók ki, mint például: oxigén, szilícium, vas, kalcium, magnézium, alumínium. Továbbá a Hold pólusainál található vízjég értékes erőforrás lehet, mivel a víz felhasználható lesz a majdani létesítmények életfenntartó rendszereiben, valamint rakéta-hajtóanyagként is szolgálhat, mert hidrogénre és oxigénre bontható. [1] A vörös bolygóként emlegetett Mars jelentős mennyiségben különböző fémanyagokat,<sup>3</sup> míg az óriás gázbolygók<sup>4</sup> deutérium és a hélium-3 anyagokat tartalmaznak, amelyek a fúziós energiatermelés elengedhetetlen nyersanyagai.

**ÖSSZEFOGLALÁS:** Az égitestek bányászata egyre inkább előtérbe kerül, mivel néhány állam nemzeti szinten már tisztázta az erőforrások tulajdonjogát. Ezzel szemben a nemzetközi világűrjogban kétséges, hogy az űrerőforrások tulajdonjog tárgyai lehetnek-e. Az emberiség tudományos céllal már birtokba vett mintákat, de azok mennyisége és a küldetések gyakorisága azt mutatja, hogy az ipari mennyiségű kitermelés a közeljövőben még nem fog megvalósulni.

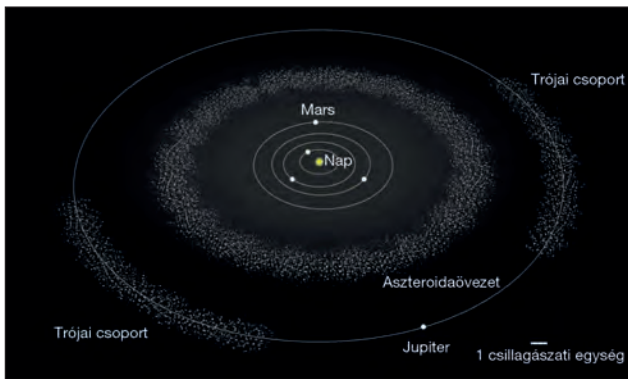
**KULCSSZAVAK:** világűrjog, űrbányászat, világűr-küldetések, Artemis-megállapodás, Világűrszerződés, Apollo-program, Luna-program

**ABSTRACT:** The mining of celestial bodies is increasingly coming to the fore as some states have already clarified the ownership of resources at national level. In contrast, in international space law, it is doubtful whether space resources can be subject to property rights. Humanity has already taken possession of samples for scientific purposes, but their quantity and the frequency of missions indicate that industrial-scale extraction is not yet in the near future.

**KEY WORDS:** Space law, space mining, space missions, Artemis accords, Outer Space Treaty, Apollo program, Luna program.

\* Jogász, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Világűrjog és -politika Kutatóműhely megbízott kutatója. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6278-3122>





**2. ábra. A Naprendszerben található aszteroidák a Mars és a Jupiter közötti övezetben, valamint a Jupiter pályáján találhatóak (A szerző szerkesztése a [2] alapján)**



**3. ábra. Az S típusú aszteroidák csoportjába tartozó 433 Eros égitest [4]**

Lehetséges kitermelési helyszínné válhatnak még az aszteroidák is. Jelenleg több mint egymillió kisbolygót tartanak számon, amelyek a Naprendszerben a Mars és Jupiter közötti aszteroidaövezetben, valamint a Jupiter keringési pályáján elhelyezkedő, két trójai csoportban találhatóak meg. (2. ábra)

Összetételük szerint három osztályt különböztetünk meg. [3] A C típusú aszteroidák nagy mennyiségben tartalmaznak fémeket, valamint szenet, így nehezen észrevehetőek, mivel felszínük sötét. Az ismert aszteroidák körülbelül

**4. ábra. Az M típusú aszteroidák csoportjába tartozó 21 Lutetia égitest [5]**



75%-át alkotják, leggyakrabban az aszteroidaöv külső peremén helyezkednek el.

Az S típusú aszteroidák különböző összetételűek, amelyeket „köves” (szilikátos összetételű) aszteroidáknak is szoktak nevezni, mivel szilikát anyagokból, valamint vasból és nikkeltől állnak. A belső aszteroidaövezetben találhatóak, és az ismert aszteroidák 17%-át alkotják. (3. ábra)

Szintén az aszteroidaövezetben találhatóak az M típusú aszteroidák, amelyek vasból és nikkeltől állnak, világos a felszínük, így könnyen észrevehetőek, bár ez a legritkább típus. (4. ábra)

## KIHÍVÁSOK

Az égitestek bányászatához elsősorban az eszközök szállításának költségeit kell csökkenteni. Ezen a területen a SpaceX amerikai vállalat már megkezdte a fejlesztést. Rakétájuk már 1600 dollár/kg áron tud hasznos terhet Föld körüli pályára juttatni, szemben a Kína által használt Hosszú Menetelés 3B (Long March 3B) rakétával, amely 6400 dollár/kg áron nyújt ilyen szolgáltatást. [6]

A bányászat során alkalmazandó robottechnológia terén figyelemmel kell lenni arra, hogy mely égitest felszínén kívánunk kitermelést végezni. A Hold esetében alacsony a gravitáció, amely csökkenti a gravitáció által hajtott folyadék-/részecskeáramlást, növeli a nem gravitációs mozgatóerők hatását (felületi feszültség, mágneses vonzás stb.). A hőmérséklet szélsőséges<sup>5</sup>, a légköri nyomás hiánya miatt a folyadékokat mesterséges nyomású, zárt rendszerben kell alkalmazni. A berendezések tervezésekor a moduláris kialakítást kell előnyben részesíteni, valamint az automata/távírányítású robottechnológiát alkalmazni. Kiemelendő, hogy az aprítási és dúsítási folyamatokat víz használata nélkül kell megtervezni. Továbbá figyelembe kell venni, hogy a holdpor elektrosztatikus és koptató hatást vált ki a berendezésekben, amely miatt pormérséklő technológiát szükséges kifejleszteni. [7] Emellett széles sávú űrkommunikációs és informatikai rendszereket szükséges kifejleszteni, hogy a távvezérlés válaszideje a szükséges szintre csökkenjen, és ne szakadjon meg a kapcsolat még akkor sem, ha távolabbi bolygók esetében egy kisebb égitest keresztezi a kommunikációs vonalat. Kiemelendő az energiatermelő rendszerek fejlesztése is, mivel pl.: a Vénusz felszínén a hőmérséklet 500 °C, és a légköre olyan sűrű, hogy napenergiát nem lehet felhasználni a felszíni munkához. [8] Mindezek figyelembevételével tehát a szakirodalom, az aszteroidákkal szemben a közelség miatt előnyben részesíti a Holdon történő kitermelést.

## MINTAGYŰJTŐ KÜLDETÉSEK

A mintagyűjtő küldetések előfutárai lehetnek az égitestek bányászatának, mivel felfedik a technikai nehézségeket és a világűr környezeti viszonyainak kihívásait.

## AZ APOLLO-PROGRAM

Az amerikai űrprogram során, a NASA asztronautái hat küldetés során összesen 382 kg mennyiségű mintát tudtak gyűjteni a Holdról. A program költségvetése, 1961 és 1973 között 49,4 milliárd dollár volt. A missziókat főként a különböző technikai problémák miatt felmerült időhiány, a légnyomás biztonságának kérdései, valamint a műveleti célok teljesítése jellemezte. [9] A program során különböző





5. ábra. A gnomon, vagy árnyékvető pálca a), mintavevő lapát használatát b) [10] [11]



6. ábra. Kalapács használata kőzetminta gyűjtéséhez [13]

mintavételezési eljárásokat alkalmaztak annak függvényében, hogy a felszínen vagy felszín alól végezték azt.

A felszínen végzett dokumentált mintavételezés során, a begyűjtés előtt a mintákat lefényképezték. A felvételek dokumentálták azt a körülményt, amelyben megtalálták azokat, segítve a minták történetének értelmezését. Az eljárás hátránya volt az időigényesség; az űrhajósok az ütemterv betartása miatt sokszor nem tudták elvégezni a dokumentálást.

Érdekes kiemelni az Apollo-14 küldetését, ahol az asztronautákat a Cone-kráter peremének elérése vezérelte, ezért az útközben begyűjtött minták nem kerültek dokumentálásra. [9; 413. o.]

A felszín alóli mintavételezéshez 2–4 cm átmérőjű csöveket alkalmaztak (mélymintavevő csövek), amelyeket kala-

páccsal ütöttek be a talajba. Az első alkalmazások során 70 centiméter mélységet értek el, amely 50 kalapácsütést igényelt. Az Apollo-15, 16 és 17 küldetésnél már elektromos fúrót használtak, és a 3 méteres mélységet is elérték. [14]

Az Apollo-11 küldetés során gyakorlati problémát jelentett a merev, felfújt űrruha, amelyben az űrhajósok nehezen tudtak lehajolni. Az Apollo-12 misszió alkalmával azonban már hosszú szárú fogókat vittek magukkal az asztronauták, hogy ne kelljen a mintákért lehajolniuk. (8. ábra)

Az Apollo-15 küldetéstől kezdve alkalmazták a holdjárót (Lunar Rover Vehicle – LRV<sup>6</sup>), így már a leszállástól távolabb, nagyobb területekről is tudtak kőzetmintákat gyűjteni. Tapasztalható volt, hogy a lengéscsillapítók másképp működtek, mint várták, mivel egy-egy gödör vagy bukkanó nagy zökkenésekkel járt, és biztonsági öv nélkül az utasok „kirepültek” volna az ülésből. [9; 449–451. o.] (9. ábra)

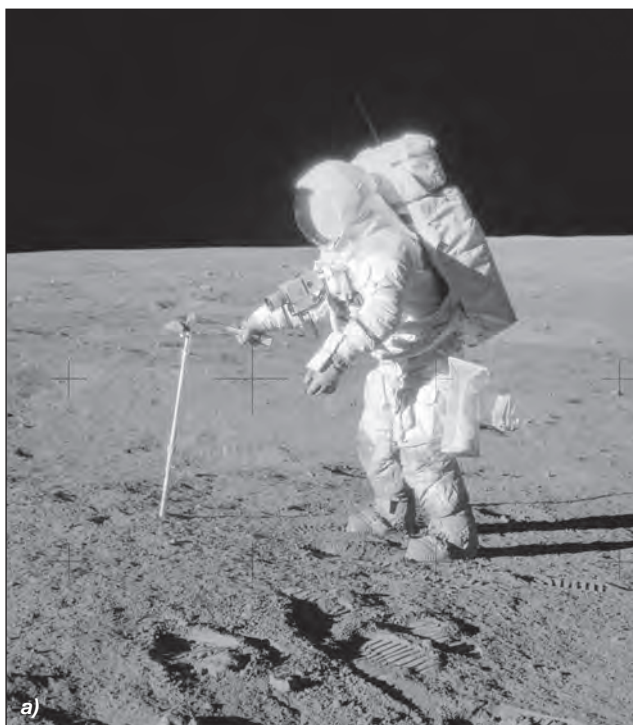
Az asztronauták azt is megtapasztalták, hogy a holdpor a sisak és a kesztyűk tömitéseinek elszennyeződéséhez vezetett, valamint később, a holdkompban könnyező szemről, torokszorulásról és tüszögérsről számoltak be. [19]

### A LUNA-PROGRAM

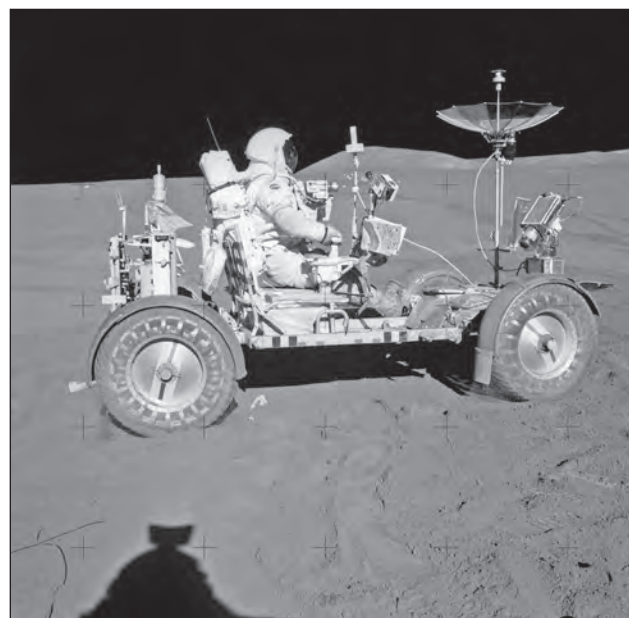
A szovjet Luna-program (1959–1976) keretén belül valósult meg az első robotizált holdfelszíni mintagyűjtés. A programban ötször kíséreltek meg mintát gyűjteni, amelyből azonban csak három küldetés volt sikeres. Összesen 321 gramm holdmintát gyűjtöttek.

A Luna-16 szonda (10. ábra) Holdra szállását követően ellenőrizték a rendszert, és telefontométerrel megvizsgálták a terepet. A vizsgálat után működésbe hozták a talajmintavevő rendszert. A fúrófej működésbe lépését követően mintegy 35 cm mélységig hatolt a talajba. A fúrás 6 perc 14 másodpercig tartott, majd a talajmintával együtt visszahúzódt a fúrófejet a fúróegységgel együtt felemelve behelyezték a gömb alakú visszatérő egység henger alakú tartályába, majd hermetikusan lezárták azt. A visszaindulás során a felszállás időpontját és az indítás sebességét





7. ábra. Az Apollo-12 asztronautája kalapáccsal üti a Hold talajába a mélymintavevő csövet a). Elektromos fúró tesztelése a Földön b) [15] [16]



8. ábra. Hosszú szárú fogó alkalmazása kőzetminta begyűjtéséhez [17]

9. ábra. A Lunar Rover Vehicle a mintavételezés kijelölt helyszínére indul [18]

pontosan meg kellett határozni, mivel a rakétarendszer csak egyszeri indításra volt alkalmas, és útközben pályakorrekcióra nem volt lehetőség.

A Luna-18 szonda sikertelen Holdra szállást hajtott végre. A bonyolult, hegyes terepen a felszínre érés nem sikerült jól, és a Holdra szálláskor megszakadt a szondával a kapcsolat.

A Luna-20 szonda fúrásának folyamata eltért a korábbi-tól, mivel a fúrófej 34 cm mélységig fúrt, de túlpörgött. A mérnökök arra a következtetésre jutottak, hogy a Hold talaja kevésbé volt sűrű, a felszínt alkotó különféle ásványok molekuláinak tapadóképesége (kohéziója és adhé-

ziója) ugyanakkor lényegesen nagyobb volt, mint a Luna-16 leszállási helyén. [20]

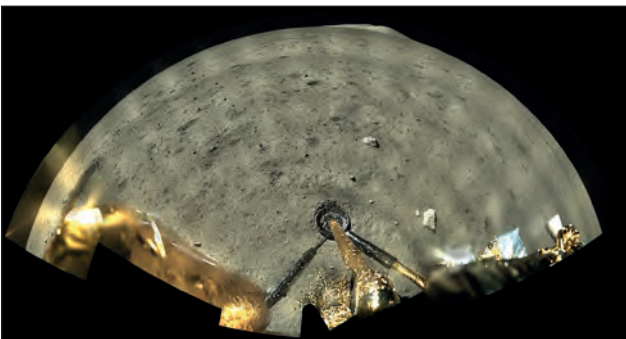
A Luna-23 és a Luna-24 holdszonda fúróberendezését már 2,5 m mély fúrássra tervezték, amely – a talajellenállás függvényében – képes volt automatikusan váltani mind a forgó, mind a forgó és ütő-véső módszer között. A Luna-23 holdszonda kedvezőtlen terepen történő leszálláskor a talajmintavevő berendezése megsérült, így nem tudta feladatát végrehajtani. A Luna-24 holdszonda azonban sikeresen landolt, és a mintavételezés során eredményesen változtatta a forgó valamint az ütő-véső technikát.







10. ábra. A Luna-16 űrszonda a moszkvai Űrmúzeumban kiállított másolata [21]



11. ábra. A Csang'e-5 fedélzeti fényképezőgéppel készített panorámafotó [22]

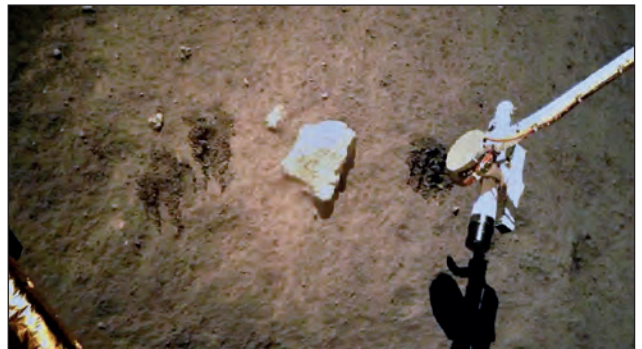
### A CSANG'E-PROGRAM

A kínai nemzeti űrügynökség (CNSA – China National Space Administration) 2004-ben indította el a Hold kutatásával kapcsolatos Csang'e (Holdistennő) misszióját. 2020 őszén Kína, a világ harmadik államaként, a Csang'e-5 misszió által kb. 1,7 kg mintát tudott gyűjteni a Holdról, és azt a Földre szállította. (11. ábra)

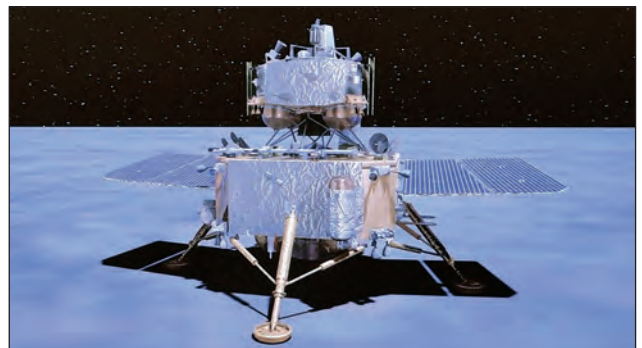
A mintavételezéshez az űrszonda két berendezése állt rendelkezésre. Az egyik egy (kőzet)fúró, amelyhez egy komoly mintaszállító mechanizmus (benne egy szállító „sín-el”) csatlakozik. Ennek feladata a minták „felszállítása” a Holdról felszálló egység mintagyűjtőinek egyikébe. A másik egy manipulátorkar, és annak végén található kotrókanál. Ez az eszköz a felszínt tudta kaparni, majd a kar felemelte a mintát a mintagyűjtő tartályok egyikébe. (12. ábra)

### A HAYABUSA-1

A Japán Űrkutatási Ügynökség (JAXA – Japan Aerospace Exploration Agency), a Hayabusa-1 (Vándorsólyom) küldetés által (2003–2010) elsőként tudott aszteroidákról mintát gyűjteni. Az űrszonda az Itokawa nevű S típusú aszteroidá-



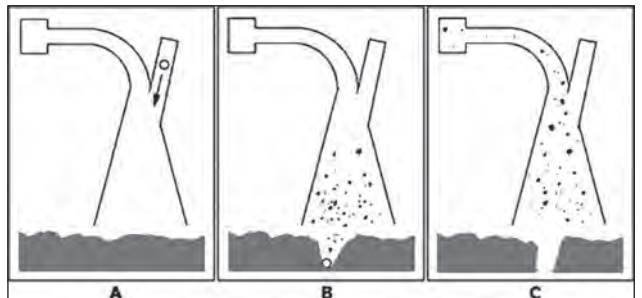
12. ábra. A Csang'e-5 manipulátorkarja mintavételezés közben [23]



13. ábra. A Csang'e-5 [24]



14. ábra. Az Itokawa aszteroida [27]



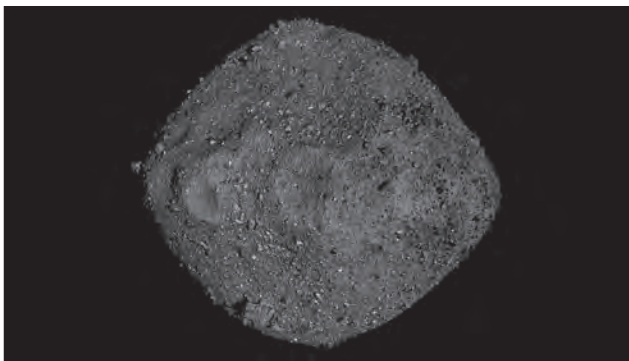
15. ábra. Az Itokawa aszteroidán végrehajtott mintavételezési eljárás sematikus ábrája [28]

ról gyűjtött mintát. [25] (14. ábra) A küldetés során számos olyan technológiát alkalmaztak, amelyek a jövőbeli bolygókutatásokhoz elengedhetetlenek lehetnek, hiszen a bolygóközi utazás ionhajtómű alkalmazásával, autonóm navi-





16. Ábra. A Hayabusa-1 űrszonda megközelíti az Itokawa aszteroidát [29]



17. ábra. A Benu aszteroida [31]

gáció és irányítás mellett, optikai mérésekkel, a mintagyűjtés az aszteroida felszínéről nagyon gyenge gravitációs térben történt. Újdonságnak számított a közvetlen vissza-

térés a bolygóközi pályáról történő mintavételhez, valamint az alacsony tolóerő, és a gravitációs ráségítés alkalmazása. [26]

A mintagyűjtő eljárás különbözött a korábban más nemzetek által alkalmazottaktól, hiszen az űrszonda egy kürt alakú testet érintett az Itokawa égitest felszínéhez. A kürtben egy 5 grammos lövedéket lőttek a felszínbe 300 m/s sebességgel, hogy kis mennyiségű anyagok szakadjanak ki a felszínből. Az ütközésből származó port és szilánkokat a kürt felfogta, és egy mintatároló edénybe továbbította. [30] (15. ábra) A mintavételezési eljárás kidolgozásakor nem ismerték az égitest felületének keménységét, és az alacsony gravitációs erő miatt fennállt a lehetőség, hogy a mintavételezés által kifejtett erő elmozdíthatja az űrszondát is. A küldetés során az űrszonda kétszer próbált „érintkezni” (touchdown) az égitest felszínével. A második alkalommal azonban súlyos károkat szenvedett, kifolyt az üzemanyag, nem lehetett kontrollálni a magasságát, és rövid időre a kommunikáció is megszakadt az eszközzel. [19; 123. o.]

A szondának 2007-ben kellett volna visszatérnie a Földre, de a nehézségek miatt csak 2010 júniusában tért vissza az Itokawa aszteroidáról gyűjtött mintákkal. A program folytatásaként a Hayabusa-2 küldetéssel Japán összesen 6,4 gramm mintát gyűjtött a Ryugu kisbolygóról.

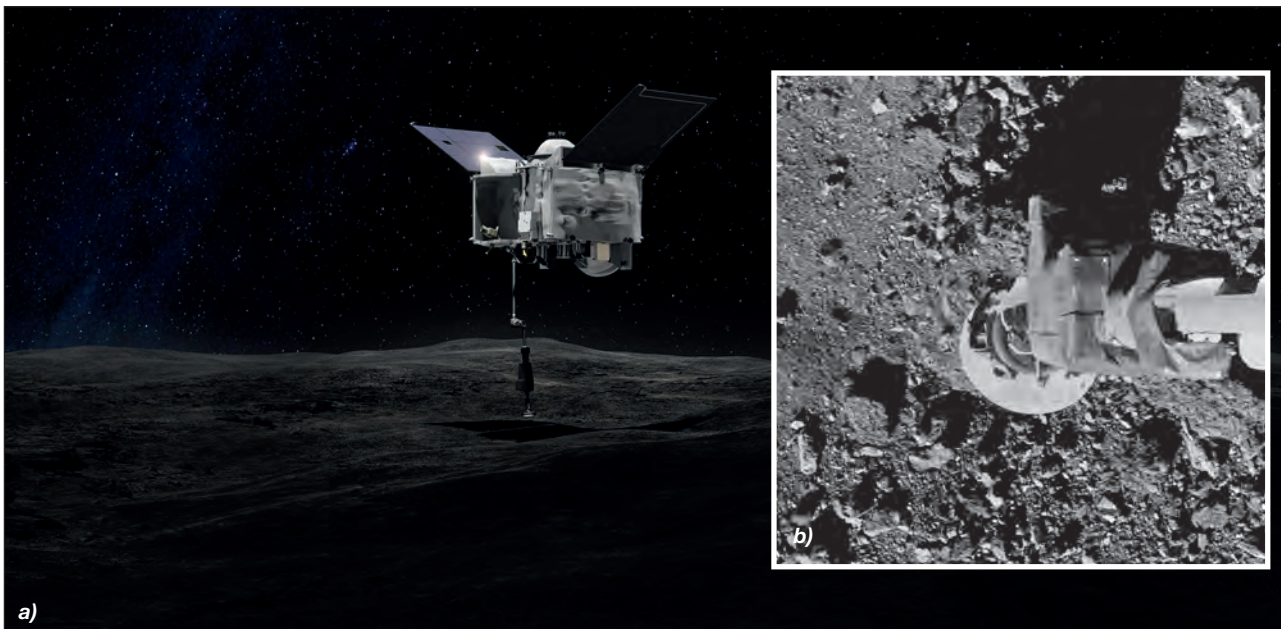
### A NASA OSIRIS-REx

A NASA 2016. szeptember 8-án indította el az OSIRIS-REx űrszondát, amelynek célja a Benu aszteroidáról történő mintagyűjtés volt. (17. ábra)

Az űrszonda mintagyűjtési eljárása hasonló volt a Hayabusa-1 küldetésben alkalmazotthoz. Az eljárás során az OSIRIS-REx rövid időre megérintette az égitest felszínét, miközben a mintavevő kar kb. öt másodpercig érintkezett a felszínnel, és közben nitrogén gázt bocsájtott ki. Ezáltal a kisebb kőzetek és felszíni anyagok felkeveredtek, és a mintavevő fejbe kerültek. [32] (18. ábra)

A mintagyűjtés rendkívül sikeres volt, emiatt annyi anyag került a tárolóba, amennyi miatt a fedél bezárása elakadt,

18. ábra. Az OSIRIS-REx az égitest felszínének érintése előtt a) Az OSIRIS-REx mintavevő karja a Benu felszínének érintése közben b) [33][34]







19. ábra. A Perseverance első fúrásáról készített felvétel [37]



20. ábra. A Perseverance fúrófej, és mintavételi cső [38]

így az elkezdett kiszóródni. A probléma észlelése után a mérnököknek végül sikerült a mintagyűjtő kapszulát bezárni. Bár a gyűjtött minták pontos tömegéről nem hoztak nyilvánosságra információt, a szakemberek becslése szerint, az meghaladja az egy kilogrammot. A minta pontos tömegét a kapszula 2023 szeptemberi Földre érkezésekor állapítják meg. [35]

### A MARS PERSEVERANCE

A marsautót a NASA 2020. július 30-án indította, és a jármű 2021. február 28-án szállt le a Mars felszínére. A misszió célja, hogy a Mars Jezero-kráterében üledékes kőzeteket gyűjtsön. A rover 43 mintacsővel rendelkezik, és 2 méter hosszú karja kinyúlásával, „útvefűró” segítségével sziklát fúr. (19., 20. ábra) A rover hasa egy kis robotkarnak ad otthont, amely a nagy kar „laboratóriumi asszisztenseként”

működik. A kis kar felveszi és áthelyezi az új mintacsöveket a fúróba. Az eljárás után egy üreges csövet juttat a felszín alá, majd a fúrómag anyagát elraktározzák a mintavételi csőben. A kis robotkar a megtöltött mintatartókat visszateszi a rover „hasába”. [36]

(Folytatjuk)

### HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Ram S. Jakhu, Joseph N. Pelton, *Global Space Governance: An International Study (Space and Society)*, (Springer, Germany, 2017). 385.;
- [2] „Trojans (Asteroid) Facts & Information” *The Nine Planets* <https://nineplanets.org/trojans/> (Letöltve 2022.4.28.);

21. ábra. A Perseverance szelfije a Mars felszínén [39]





- [3] Senem Cabuk; Nazim Caubuk: Technological importance of asteroid mining, *Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences*; 2021 Vol. 4, Issue 2, p. 65–66, <https://doi.org/10.46239/ejbc.793540>;
- [4] Forrás: [https://solarsystem.nasa.gov/internal\\_resources/3964/](https://solarsystem.nasa.gov/internal_resources/3964/) (Letöltve: 2022.4.28.);
- [5] Forrás: [https://www.nasa.gov/sites/default/files/images/468195main\\_4\\_closest\\_approach\\_full.jpg](https://www.nasa.gov/sites/default/files/images/468195main_4_closest_approach_full.jpg) (Letöltve: 2022.4.28.);
- [6] Bruno Venditti, „The Cost of Space Flight Before and After SpaceX” *Visual Capitalist* 2022, <https://www.visualcapitalist.com/the-cost-of-space-flight/> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [7] Matthew G. Shaw et al., „Mineral Processing and Metal Extraction on the Lunar Surface - Challenges and Opportunities” *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*; 31 (2021) 1, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.02201>;
- [8] Ricky J. Lee, *Law and Regulation of Commercial Mining of Minerals in Outer Space* (Springer, Germany, 2012), 53;
- [9] Dancsó Béla, *Holdszéta – A Holdra szállás története*, (Novella Kiadó, Budapest, 2004) 469.;
- [10] Forrás: <https://www.hq.nasa.gov/alsj/a17/AS17-137-20963HR.jpg> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [11] Forrás: <https://www.hq.nasa.gov/alsj/a17/AS17-146-22371HR.jpg> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [12] Forrás: <https://www.hq.nasa.gov/alsj/a17/AS17-134-20425HR.jpg> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [13] Forrás: <https://www.hq.nasa.gov/alsj/a15/AS15-82-11140HR.jpg> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [14] <https://www.lpi.usra.edu/lunar/samples/apollo/tools/index.shtml> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [15] Forrás: <https://www.lpi.usra.edu/resources/apollo/images/print/AS12/49/7286.jpg> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [16] Forrás: <https://www.hq.nasa.gov/alsj/a15/ap15-71-HC-717HR.jpg> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [17] Forrás: <https://www.hq.nasa.gov/alsj/a12/AS12-47-6932HR.jpg> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [18] Forrás: <https://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/alsj/a15/AS15-85-11471HR.jpg> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [19] Andrea Longobardo, szerk., *Sample Return Missions: The Last Frontier of Solar System Exploration*, (Elsevier, Netherlands, 2021), 31.;
- [20] Almár Iván és Horváth András, *Űrhajózási Lexikon*; (Akadémiai Kiadó – Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1984), 410.;
- [21] Forrás: <https://airandspace.si.edu/stories/editorial/revisiting-soviet-lunar-sample-return-missions> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [22] Forrás: <https://airandspace.si.edu/stories/editorial/revisiting-soviet-lunar-sample-return-missionshttps://arstechnica.com/science/2020/12/china-releases-a-super-clear-image-of-the-moon-taken-by-change-5-probe/> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [23] Forrás: <https://news.cgtn.com/news/2020-12-03/China-s-Chang-e-5-completes-lunar-surface-sampling-and-sealing-VUEJRIIBji/img/ac0d45df749143bea03621e0f36396bc/ac0d45df749143bea03621e0f36396bc.png> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [24] Forrás: <http://www.cnsa.gov.cn/english/n6465652/n6465653/c6810692/part/6785425.jpg> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [25] NASA Science Solar Sstem Exploration, „25143 Itokawa” <https://solarsystem.nasa.gov/asteroids-comets-and-meteors/asteroids/25143-itokawa/in-depth/> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [26] Andrea Longobardo, szerk., *Sample Return Missions: The Last Frontier of Solar System Exploration*, (Elsevier, Netherlands, 2021), 123;
- [27] Forrás: <https://www.eso.org/public/images/eso1405b/> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [28] Forrás: [https://curator.jsc.nasa.gov/hayabusa/\\_images/sample-impact.gif](https://curator.jsc.nasa.gov/hayabusa/_images/sample-impact.gif) (Letöltve: 2022.4.28.);
- [29] Forrás: [https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa\\_multimedia/images/2019/09/hayabusa\\_at\\_itokawa/19708758-1-eng-GB/Hayabusa\\_at\\_Itokawa.jpg](https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2019/09/hayabusa_at_itokawa/19708758-1-eng-GB/Hayabusa_at_Itokawa.jpg) (Letöltve: 2022.5.1.);
- [30] Forrás: <https://curator.jsc.nasa.gov/hayabusa/collection.cfm> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [31] Forrás: <https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/bennu-beauty.jpg> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [32] „OSIRIS-REx Mission Operations” National Aeronautics and Space Administration utóljára frissítve 2018. december 3. <https://www.nasa.gov/content/osiris-rex-mission-operations> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [33] <https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/osirisrextagprint2016.jpg> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [34] Képforrása: <https://www.asteroidmission.org/wpcontent/uploads/2020/04/20200414SamcamCheckpoint.png> (Letöltés ideje: 2022.4.28.)
- [35] Both Előd, „Sikeres mintavétel” Űrvilág kutatási hírportál 2020 [https://www.urvilag.hu/tavoli\\_vilagok\\_kutato/20201106\\_sikeres\\_mintavetel](https://www.urvilag.hu/tavoli_vilagok_kutato/20201106_sikeres_mintavetel) (Letöltve: 2022.4.28.);
- [36] „Sample Handling” *Mars 2020 Perseverance Rover* <https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/sample-handling/>; és Frey Sándor, „Meghiúsult mintavétel a Marson” Űrvilág kutatási hírportál 2021 [https://www.urvilag.hu/perseverance/20210816\\_meghiusult\\_mintavetel\\_a\\_marson](https://www.urvilag.hu/perseverance/20210816_meghiusult_mintavetel_a_marson) (Letöltve: 2022.4.28.);
- [37] Forrás: <https://mars.nasa.gov/resources/26125/watson-image-of-perseverances-first-borehole/> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [38] Forrás: <https://mars.nasa.gov/resources/26210/sample-tube-in-perseverances-drill-with-rock-core/> (Letöltve: 2022.4.28.);
- [39] Forrás: <https://mars.nasa.gov/resources/26253/perseverances-selfie-at-rochette/> (Letöltve: 2022.4.28.).

## JEGYZETEK

- Az Artemis-egyezmények névadója a NASA Artemis-programja, amelynek célja, hogy 2025-ben az első nőt és egy férfit juttassanak a Holdra, ezt követően pedig megalapozzák a tartós emberi jelenlétet az égitesten. Napjainkig 19 nemzet: Ausztrália, Bahrein, Brazília, Kanada, Kolumbia, Franciaország, Izrael, Olaszország, Japán, Luxemburg, Mexikó, Új-Zéland, Lengyelország, Dél-Korea, Románia, Szingapúr, Ukrajna, Egyesült Arab Emírségek, Egyesült Királyság csatlakozott az Egyesült Államok által vezetett megállapodáshoz, amelynek lényege az, hogyan szabályozzák a Hold erőforrásainak hasznosítását. (A szerk.)
- Holdi kőzetréteg.
- Kén, kálium, titán, nikkell, cink, vas és egyéb ritka fémek.
- Jupiter, Szaturnusz, Uránusz és a Neptunusz.
- A Holdon a felszíni hőmérséklet nappal 123 °C, éjszaka –178 °C között változik.
- Az LRV vezető tervezője a General Motors magyar származású gépészmérnök, Pavlics Ferenc volt. A holdjáró különleges kerekeit Pavlics szabadalma alapján készítették el. (Bővebben: Dr. Both Előd, „Holdautók és marsjárók I. rész,” *Haditechnika* 55, 3. szám (2021): 44–48. <https://doi.org/10.23713/HT.55.3.08> (A szerk.)



4. ábra. A Magyar Honvédség Bakony Harckiképző Központ Ellenerő század I-MILES lézeres szimulációs rendszerrel támogatott helység-harc-gyakorlás közben (Fotó: MH BHK / Pintér László)

Tóth Csaba Albert\*

## Integrált lézeres valós szimuláció a Magyar Honvédség kiképzési rendszerében **II. rész**

**A** valós harcszimulációs rendszerek alkalmazása az elmúlt évtizedekben elterjedt kiképzéstámogató eszközé vált. A szembenálló felek között a jobb kiképzettség a fegyveres konfliktusok sikerének kulcsa lehet. Az integrált lézeralapú szimulációs rendszerek segítségével, nagyobb költséghatékonyság mellett, a kiképzettség magasabb szintje érhető el.

A szerző tanulmányának első részében a MILES szimulációs rendszer fejlődésének történeti áttekintése után bemutatja a rendszer működésének és alkalmazásának alapjait. A tanulmány második részéből az I-MILES Egyéni Fegyverrendszer 2 kifejlesztésének története, felépítése és alkalmazásának lehetőségei ismerhetők meg.

### Az I-MILES Egyéni Fegyverrendszer 2 összetevői és működése

Az I-MILES Egyéni Fegyverrendszer 2 (Individual Weapon System 2 – IWS2) kifejlesztésének és alkalmazásának célja, hogy technológiai fejlesztések után felváltsa az előző generációs, lézeralapú harcászati szimulációs rendszereket. Fontos megjegyezni, hogy az IWS2 kompatibilis a korábbi verziókkal (MILES 2000 és IWS), így azok tovább al-

kalmazhatók, amennyiben technikailag (üzembiztonság területén) még megfelelnek a felhasználói alapkövetelményeknek.

### Az EGYÉNI FEGYVERRENDSZER 2 DEFINIÁLÁSA

Az I-MILES Egyéni Fegyverrendszer 2 lézeralapú kiképzési eszköz, amelyeket a katonák és egyéni fegyvereik számára fejlesztettek ki. A rendszer tartalmazza az érzékelő egységeket, amely lefedi a felsőtestet és a fejet, valamint a lézervetőt, amely az egyéni fegyveren nyert elhelyezést. A rendszer képes az erő az erő elleni tűzkiváltásra, digitális információközlésre és adatok gyűjtésére a tűzkiváltás hatásáról az alábbi céltípusokra megfelelő ellenpár műszerezettség esetén:

- személy,
- kollektív fegyverek és kezelőik,
- gép- és harcjárművek,
- légi támadóeszközök.

### Az EGYÉNI FEGYVERRENDSZER 2 ÖSSZETEVŐI

- Fejpánt,
- műszerezett mellény,
- lézervető.

\* Alezredes, Magyar Honvédség Bakony Harckiképző Központ, Szimulációs Kiképző Központ, Központparancsnok. ORCID: 0000-0003-1701-8904





5. ábra. Az MH BHK Ellenerő század katonája I-MILES Egyéni Fegyverrendszerrel felszerelve szemből a) és jobb oldalról b) (Fotók: MH BHK / Pintér László)

### A FEJPÁNT

A fejpántot – amelyen 4 darab lézerezékelő található – a katona az új típusú kevlár sisakján viseli. A kor követelményeinek megfelelően, a kialakítás lehetővé teszi a fejpánttal párhuzamosan a sisakra rögzíthető felszereléskiegészítők használatát is. A fejpánt hátsó részére épített erősítőmodul felelős az adatkommunikáció fenntartásáért a műszerezett mellény és fejpánt között.

### A MŰSZEREZETT MELLÉNY

A mellényt minden katona a felsőtestén, a felszerelése felett viseli. A fegyverek mellényhez történő társítását minden esetben a katona önállóan hajtja végre a mellényvezérlő egységen keresztül. A katona, a vezérlőegység folyadék-kristályos kijelzőjén keresztül képes a kurzorbillentyűvel navigálni a különböző funkciók között. A mellény infravörös kommunikációs portja keresés üzemmódban az első 1 méteren belül azonosított lézervetőt párosítja a mellényhez, amelyet 1 másodperces audiojelzéssel (sípoló hang) és szöveges visszajelzéssel („weapon ready”– „a fegyver kész”) igazol a mellényvezérlő egység kijelzőjén. A mellény elülső és hátsó oldalán elhelyezett 8 darab lézerezékelő felel a lézervetőkből érkező, MILES-kódolású, infravörös lézerjelek vételéért (Fegyverek és Univerzális Kontroll Fegyver). A mellény az elektronikus impulzust a jobb oldalon elhelyezett mellényvezérlő egységbe továbbítja adatfeldolgozásra. A hangszóró modul a mellény hátsó oldalán

hangjelzéssel informálja a katonát a találatról vagy a közeli becsapódás érzékeléséről, továbbá egy LED-kijelző fényjelzést ad, ha a mellényt viselő katona „halálos találatot” kapott. A halálos találattal egyidőben a mellény a vezeték nélküli infravörös kommunikációs modulon keresztül leválasztja az egyéni fegyver lézervetőt a mellényről. A lézervető, az infravörös porton keresztül társított (szinkronizált) műszerezett mellény érzékelésével képes aktív státuszba kapcsolni. Amennyiben a lézervető nem érzékeli a társított mellényt, lézervető impulzus nem indítható. A lézervető impulzus indításához a megfelelő hatásmechanizmus (vaklőszer kiváltotta torkolatúz és hanghatás) szükséges. A mellény vezeték nélküli induktív hurkon keresztül kommunikál a fejpántegységgel. A fejpántegység így képes kommunikálni és adatokat biztosítani a találatokról a mellényvezérlő egység számára. A műszerezett mellény jobb vállrészében található a második induktív hurok, amelyen keresztül az egyéni fegyverrel párhuzamosan lehetséges AT-4 kézi páncéltörő eszköz hozzárendelése a mellényhez. Az AT-4 kézi páncéltörő fegyverimitáció csak előre meghatározott számú töltet kilövését teszi lehetővé. A szimuláció részeként az indítás pillanatában az indítótöltet hang- és füstképző hatását egy pirotechnikai töltet szimulálja.

A műszerezett mellény kiegészítő egységei a GPS-antenna, az adatkommunikációs egység, az UHF-antenna és a mellény hátoldalán található lítiumion-akkumulátor. Az adatkommunikációs egység biztosítja rögzített rádiófrekvencián keresztül az adatkapcsolatot a területi átjátszótoronyokon keresztül az I-MILES gyakorlatvezető központ adatfeldolgozó modulja felé.



1. táblázat. A kézfegyverek lézervetőinek hatásos lőtávolsága (A szerző szerkesztése)

Fegyvertípus	Maximum tűzgyorsaság	Hatásos lőtávolság lézervetővel	Ellenség lefogása tűzzel
Karabély	650 lövés/perc	550 m	Nem értelmezhető
Géppuska 7,62 mm	650–725 lövés/perc	650–800 m	1100 m
Géppuska 12,7 mm	650 lövés/perc	1000 m	1800 m



6. ábra. Tükrös beszabályzó készlet kézfegyverekhez. Az MH BHK Szimulációs (MILES) részleg technikusai a lézervető beszabályzásán dolgoznak (Fotó: MH BHK / Pintér László)

Csalás ellenes funkciók:

- „Halott” katona nem tud lézerimpulzusokat kilőni a lézervetőből.
- A mellényvezérlő egység akkumulátorának eltávolítását csalás eseményként rögzíti a rendszer. Kivételt képez az alacsony töltöttségjelzés miatti csere, de itt a rendelkezésre álló idő nem ismert a végrehajtó előtt.

### KÉZFEGYVER LÉZERVETŐ

A kézfegyver lézervető tápellátását lítiumion-akkumulátor biztosítja. A lézervető rögzítése fegyverszerelék sínre (Picatinny rail NATO STANAG 4694) és a fegyver csövére egyaránt lehetséges. A lézervető az Univerzális Kontroll Fegyverrel (a katonai szlengben: God gun – Isteni fegyver) „felélesztett” műszerezett mellényhez társítva kerül alkalmazható státuszba. A vaklőszer kilövésének pillanatában a torkolattűz fény- és hanghatása indítja el a lézerimpulzust a vetőből. A MILES-kódolású lézer összhangban van a PMT 90-S002M kommunikációs szabvánnyal, amely egységessé teszi, hogy különböző gyártók azonos hullámhosszú lézereket ( $904,5 \pm 25 \text{ nm}$ ) és nemzetközileg elfogadott adatkódolást alkalmazzanak a szimulációs eszközökben. [7] A lézerimpulzus az irányzóvonal egyenes síkját követve éri el a célpontot. A lézer, mint átvívó jel digitális adatokat küld át a vevőegységre, amely nem más, mint a célpont műszerezett mellénye. A digitális jel tartalmazza a tüzet kiváltó fegyver típusát, a szimulált lövedék hatását, a tüzet kiváltó katona mellényazonosító számát. Az előre programozott hatásmechanizmus alapján így a célpont vezérlőegysége képes eldönteni, hogy mikor kell „halálos jelet” kiadnia az eltalált egységnek. Mint a valóságban, úgy a szimulációban is, harcokci ellen karabélyt használni csekély sikert jelent. Fontos megjegyezni, hogy az eszköz nem veszi figyelembe a külső ballisztikai hatásokat. Nincs

röppályaív- vagy lövedékrepülési idő szimuláció. Ez a kiképzések során negatív hatásokat eredményezhet. A MILES 2000 rendszerhez képest fontos változás, hogy a lézervető beszabályozáshoz már nem szükséges bonyolult elektronikai eszköz, hanem az egy tápforrást nem igénylő, tükrös beszabályzó készlettel végrehajtható. (6. ábra) A katona alapirányzékkal megcélozza a belövő lap célkeresztjét, és a látható tartományú beszabályzó lézerjelet a technikus addig állítja a lézervető szabályzó csavarjaival, amíg az nem kerül síkba a katona által használt fegyver irányzóvonalával.

Az 1. táblázat tartalmazza a különböző fegyvertípusokra szerelt lézervetővel elérhető tűzütemet és céltávolságokat.

### A HARCJÁRMŰRENDSZER FŐBB ÖSSZETEVŐI ÉS MŰKÖDÉSE

A harcjárműrendszer (Tactical Vehicle System – TVS) alapfunkcióját tekintve megfelel a személyi rendszerrel szemben támasztott követelményeknek. A technológiai megvalósítás azonban – tekintettel a járművek bonyolultabb felépítésére és funkcióira – összetettebb. [8]



7. ábra. BTR-80 páncélozott szállító harcjármű KPVT géppuskára integrált lézervetővel (Fotó: MH BHK / Pintér László)

### A HARCJÁRMŰRENDSZER FŐBB ÖSSZETEVŐI:

- lézervetők lövegre, nehéz géppuskára és párhuzamosított fegyverre (külső egység),
- lézerérzékelők (külső egység),
- találatfeldolgozó egység (külső egység),
- jármű-találatjelző (külső egység),
- rádiókommunikációs interfész (külső egység),
- jármű-vezérlőegység,
- fegyvervezérlő egység.





8. ábra. I-MILES harcjárműrendszerrel felszerelt BTR-80/A és HMMWV M1165 páncélozott járművek (Fotó: MH BHK / Pintér László)

A harcjárműves rendszerben a fő fegyverre (löveg, nehéz géppuska) egy nagyobb teljesítményű lézervetőt fejlesztettek ki. A lézervető kialakítása lehetővé teszi, hogy vaklőszer használata nélkül is képes legyen lézerimpulzusokat kiváltani. A felhasználható lőszer mennyiségét előre beállítják, amely nem lépheti túl a jármű hivatalos lőszerkészletét. Lőszer nélküli üzemmódban is működik a nagy fényerejű torkolattűzjelző, amely a valós szimuláció részeként, nappal és éjszaka egyaránt támogatja az eszköz vizuális felderítését.

A legfontosabb újítás az előző generációs eszközökhöz képest, hogy a lézervetőket, az egység helyi hálózatán (Personal Area Network – PAN) [9] vezeték nélküli kapcsolaton keresztül képesek kommunikálni a találatfeldolgozó egységgel. A lézervetőket a jármű külső felületén, a páncéltesten és a tornyon helyezik el. A találatfeldolgozó egység felelős a rendszer-alapbeállításokért, valamint az összes járművel történt esemény (admin események, tűzkiváltás, sérülések) tárolásáért. A tárolt adatokat képes rádiókommunikációs csatornán keresztül továbbítani a gyakorlatvezető központba, ha ez nem lehetséges, a technikai személyzet közvetlenül is letöltheti az adatokat az egységből, amely több mint 100 órás folyamatos üzemre képes. A találatfeldolgozó egység a találat hatásáról vizuális jelet küld a szembenálló félnek a jármű találatjelző egységén keresztül. A jelzések különböző számú felvillanással jelezhetik programozás alapján, hogy milyen szintű sérülést (közeli becsapódás, fegyversérülés, kerék-láncfal sérülése, kilövés-harcképtelenné válás) okozott a találat a jármű-

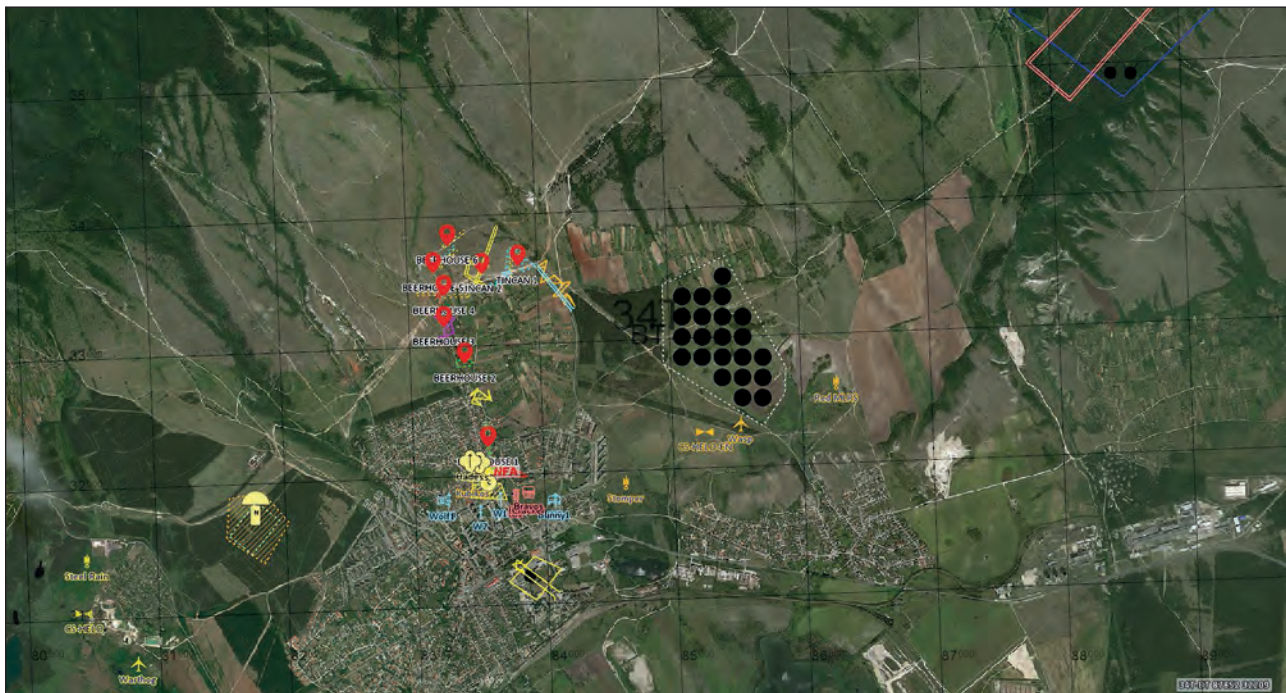
vön. A rádiókommunikációs interfész lehetővé teszi a külső és belső egységek közötti vezeték nélküli kommunikációt, és felerősített jelet küld a belső egységek felé a páncéltesten keresztül. A kezelőszemélyzet részére a jármű státuszát mutató adatok, a jármű harcterében elhelyezett járművezérlő-egységen keresztül érhetők el. Az egységen keresztül vezérelhető a rendszerösszetevők telepítése, a jármű típusának beállítása a kapcsolódó sérülésmodellel, és a kezelőszemélyzet számára valós idejű adatokat jelenít meg vizuális és audió (képi és hang) formátumban. A kapcsolódó fegyvervezérlő egységgel együttműködve kiválasztható a harchelyzethez szükséges fegyver és lőszer típus aktiválása, valamint arra is nyílik lehetőség, ha kezelői beavatkozás szükséges a fegyverzet újratöltéséhez.

### I-MILES GYAKORLATVEZETŐ KÖZPONT

Az I-MILES gyakorlatvezető központ (Exercise control – EXCON) egy fizikai szerverből, 4 virtuális szerverből és 4 „analyst” (elemző) munkaállomásból épül fel. A virtuális szerverek végzik a rendszer részegységeinek: az adatbázis, a kommunikáció, a hálózat és a gyakorlat tervezési és vezetési szoftver futtatását. Az elemző munkaállomások közül az egyik adminisztrátori szerepkört is ellát, tehát a virtuális szerverek és a rádióhullámú kommunikáció menedzselésére is szolgál. Ezen az állomáson lehet az egyes gyakorlatokra harcászati feladatokat, szituációkat és ese-







9. ábra. Gyakorlatvezető központ GPS-alapú eseménykövetés (Forrás: MH BHK / Neudits Milán felvétele)

ményeket készíteni. Ezek a harcászati feladatok (küldetések) magukban foglalják a baráti és ellenséges állománytáblákat, esetlegesen semleges és civil személyeket, járműveket. Továbbá, létre lehet hozni különböző szimulált eseményeket, harcászati objektumokat, amelyek mind valós időben hatással vannak a katonákra, harcjárművekre, harckocsikra, tehát minden olyan élőerőre, haditechni-

kai eszközre, amelyeket előzőleg felszereltek az I-MILES egységgel. Ezek a teljesség igénye nélkül lehetnek, tüzérségi tűz, légi támogatás, szennyezett terepszakasz, aknamező, műszaki zár. A további 3 elemző munkaállomás a gyakorlat vezetésére szolgál, itt lehet az előre elkészített eseményeket bejátszani, esetlegesen újakat létrehozni, a meglévőket módosítani, vagy törölni.

10. ábra. I-MILES mobil mikrohullámú átjátszótorony telepítése a) és telepített konfiguráció b) (Fotók: MH BHK / Pintér László)







11. ábra. MH BHK I-MILES raktár a) és harcjárműrendszer felszerelés közben b) (Fotók: MH BHK / Pintér László)

Mindezekre szükség is van, hiszen az I-MILES gyakorlatvezető központban az elemzők a kijelzőkön egy térképen, valós időben követhetik nyomon az eseményeket (9. ábra) és be is avatkozhatnak, ha szükséges, hiszen a rádióforgalmazást is képesek nyomon követni.

A bemutatott képességeken túl, a rendszer képes az adott gyakorlatok egyes eseményeinek rögzítésére és visszajátszására egy személyre, vagy gép- és harcjárműre fókuszálva, köszönhetően a magas számítási teljesítménynek és a rendelkezésre álló tárhelykapacitásnak, amelyet a fizikai szerver biztosít. A gyakorlatvezető központ az irányított mikrohullámú erősítő tornyokon keresztül képes kommunikálni az összes eszközzel (műszerezett katonák, gép- és harcjárművek).

Az antennakészlet telepíthető a végrehajtó állomány által igényelt területen belül (10. ábra), de figyelembe kell venni, hogy az erősítő tornyoknak irányított sugázzal rá kell látniuk a következő mobil vagy állandó torony vevőegységére a gyártó által megadott maximum 10 km-es átjátszási teljesítménnyel. A tornyokon keresztül a frissítési gyakoriságnak megfelelően méterpontossággal lehet lekérni az összes egység által továbbított eseményadatot (tűzkiváltás, sérülés, halál, újjáélesztés, elemzői beavatkozás stb.), amely a gyakorlat utáni kiértékelést és tapasztalatfeldolgozást új szintre emeli. A hazai és nemzetközi gyakorlatokon a rögzített adatok részét képezhetik a harcászati döntnök csoportok záró-értékelő jelentésének.

## RAKTÁROZÁS ÉS ÜZEMELTETÉS

A MILES 2000 rendszer üzemeltetése a 2006 augusztusában tartott rendszerbeállító gyakorlat után – a NATO-trendeknek megfelelően – fizetett szolgáltatásként valósult meg egészen 2019-ig. 2020. január 1-től a raktározás és üzemeltetés feladatait a Magyar Honvédség Bakony Harckiképző Központ, Szimulációs Gyakorló és Kiképző Központ, Szimulációs (MILES) üzemeltető részleg látja el 6 fővel. Az I-MILES szerződésben foglalt gyári támogatás részeként 2020 novemberében az amerikai Cubic Defense Applications, Inc. kéthetes felkészítő tanfolyamot tartott az MH által kijelölt felhasználó, valamint az MH BHK technikus és karbantartó állományának. A felkészítés végén az I-MILES rendszer hivatalosan bekerült a Magyar Honvédség kiképzéstámogató rendszerei közé. A felkészítésen átadott ismereteket a technikusállománynak folyamatosan gyakorolnia kell a képesség (felszerelés, besabályozás, üzemeltetés) megfelelő szinten tartásához. (11. ábra)

Az I-MILES rendszerrel támogatott gyakorlatok, gyakorlatok során az első fázis a rendszer felszerelése és besabályozása. Gyakorlott technikusokkal egy harcjármű felszerelése és besabályozása (technikai problémák nélkül) 1,5 óra. Szerencsésebb a helyzet a személyi felszerelés és besabályozás tekintetében, ahol 30 főt 1 óra alatt képesek felszerelni – beleértve a rendszer üzemeltetéséről tartott alaptájékoztatót is.

Az új állomány pótfelkészítését a Cubic cég fizetett szolgáltatás keretében végzi. A mobil szerelősátrak, nagyobb raktár és a további készletek beszerzése azonban – figyelembe véve a bekerülési összegek mértékét – már minden esetben a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében valósulhat meg.

A rendelkezésre álló eszközök teljes karbantartását (mosás, fertőtlenítés, szárítás, kisjavítások) 1 technikus és 2 fő gyártói felkészítésen részt vett technikus segítő végzi. A pótalkatrészek beszerzése kizárólag nemzetközi megrendelés, és pénzügyi források biztosítása esetén lehetséges. A nagyjavításokat (az eszközök megbontásával járó szerelések) kizárólag a Cubic cég végezheti az Amerikai Egyesült Államokban található üzemében.

## FEJLESZTÉSI IRÁNYOK, EGYÜTTMŰKÖDÉS MÁS VALÓS SZIMULÁCIÓS RENDSZEREKKEL

Az interoperabilitás az egyik kulcseleme azon törekvéseknek, amelyek célja, hogy a nemzetközi gyakorlatokon a lézeres harcászati rendszereket alkalmazók a valós szimuláció során képesek legyenek különböző rendszereket használva együttműködni. 2021-ben, egy rövid időre lehetőség nyílt az I-MILES és a svéd Saab Defence System által fejlesztett Telepíthető Műszeres Rendszer, Európa (Deployable Instrumentation System, Europe – DISE) kompatibilitási tesztjére. A DISE-rendszer az Európában állomásozó amerikai erők (United States Army Europe) igényeinek megfelelően került kialakításra, és továbbfejlesztésre. A fejlesztő Saab cég elsődleges irányelve az volt, hogy megfelelő kompatibilitásra legyen képes az eszköz más harcászati lézeres szimulációs rendszerekkel (I-MILES, Manpack System Saab), ily módon megfelelő megoldást nyújtva az interoperabilitási kihívásokra.

A tesztek alapján elmondható, hogy a bevezetőben megfogalmazott interoperabilitás szint részlegesen megvalósítható.

Az eszközök (I-MILES-DISE) képesek kölcsönösen találatot elérni, a találatok rögzítéséhez, kiértékeléséhez szük-



séges adatkapcsolat azonban nem áll rendelkezésre. A gyakorlatok felügyelete a rendszerek integrált adatkapcsolati hálóján keresztül valósul meg. Minden egyes eszköz (személyi, harcjármű, harckocsi stb.) a harcászati hírhálótól független híradó kapcsolatban áll az I-MILES vagy DISE átjátszó rádiótornyok hálózatával, amely a digitális jeleket (pozíció, GPS-jel, státuszjelentés) továbbítja a lézeres harcászati rendszer EXCON moduljába.

Az I-MILES vagy DISE gyakorlatirányító központ kizárólag rögzített, a gyártó által beállított frekvenciatartományban üzemelhet. Jelen esetben megállapítást nyert, hogy a Magyar Honvédség I-MILES rendszere nem az amerikai fél által alkalmazott frekvencián üzemel, amely így a DISE EXCON rendszerében nem nyomon követhető. Az eszközök gyári újrászabályozása lehetséges a megrendelő saját raktárában is, de ez egy hosszú és egyben költséges folyamat után valósulhat meg, mivel az eszközöket egyesével kell áthangolni.

A kiértékelés szempontjából az ilyen eszközök nem alkalmazhatók közös kiképzések és gyakorlatok során, mivel az erők egy része nem látható a digitális nyomkövető rendszerben.

Az előzőekben ismertetett rádiófrekvenciás adatkapcsolati problémára a Saab cég egy I-MILES átalakító modul alkalmaz (MILES Modification Kit) nem harcoló eszközök nyomon követésére. Az átalakító modul kizárólag geolokációs adatokat képes továbbítani, a tűzkiváltás és a találat státuszadatok küldése nem lehetséges.

A vizsgálat során felvetődött az I-MILES rendszer BT-46 MK III (Saab), AGDUS lőszimulátorokkal történő kompatibilitási tesztelése is. A lőszimulátorok (BT-46, AGDUS) esetében fontos kiemelni, hogy azok funkciója és technikai megvalósítása már a külső ballisztikai hatások szimulálására épül (lővedék repülési ideje, röppályáiv szimulálása), míg ez az I-MILES esetében nem áll rendelkezésre. Az eltérő specifikáció miatt az egyik fél 0 métertől 1100 méterig azonos irányzékállással vált ki tüzet minden célpontra helyesbítés és lővedékrepülési idő nélkül (I-MILES), míg a lőszimulátorral felszerelt eszközök alkalmazóinak minden ballisztikai hatásra figyelniük kell.

A BT-46 Saab rendszerösszetevők alapján mozgó, felbukkanó célok vagy elérő elleni szimulált feladatokra egyaránt képes (force on target és force on force). A Saab gyártói weboldalán külön hangsúlyozza a MILES rendszerrel kialakított kompatibilitást. A kompatibilitás azonban nem küszöböli ki a rendszerek közötti képességbeli eltéréseket, amely vitákhoz és torzított képzettségi értékhez vezet egy kiképzési ellenőrzés vagy gyakorlatértékelés során.

A fejlesztési irányok elemzése során elmondható, hogy három kritikus pontban is szorosabb együttműködés szükséges. Az első két kritérium a lézeres kommunikációs kód és a ballisztikai hatások egységesítése. Ezen a téren már a NATO előrelépést tett. Az OSAG 2.0 (Optical Interface Specification) OSAG 2.0 Standard (Optische Schnittstelle für AGDUS und GefÜbZ H) lézer kommunikációs kód fejlesztője a Saab cég. A fejlesztés együttműködésben a Német Szövetségi Köztársaság (Bundesrepublik Deutschland) Szövetségi Védelmi Minisztériummal (Bundesministerium der Verteidigung) valósult meg. [10] A nemzetközi megállapodások alapján az együttműködésben résztvevő országok megosztják a különböző lőszertípusok ballisztikai adatait, a páncélatütési értékeket, valamint a különböző járművek, eszközök sérülési modelljét. Az Egyesült Államok haderejének Szimulációs Programok Végrehajtó Irodája a Saab céget bízza

meg az Európában állomásozó erők valós szimulációs rendszereinek frissítésével. [11] Ezen frissítéssel már nemcsak a lézerkódolású (MILES Communication Code, OSAG 2.0) kommunikációs problémákat voltak képesek orvosolni, de egyben a fentebb említett külső ballisztikai hatásokat is szimuláló rendszert állítottak fel, ezen a módon erősítve a harcászati felkészítés színvonalát a kor követelményeinek megfelelően.

Érdemes megjegyezni, hogy a Saab Defence and Security több mint 25 országba szállított különböző szintű, valós szimulációs eszközöket. A valós szimulációs eszközök megbízható működése érdekében sok esetben elengedhetetlen közép- vagy hosszú távú (szolgáltatás, karbantartás, kiszolgálás) szerződés megkötése. A harmadik probléma megoldása a különböző rendszerek egységeinek adatkommunikációja híradó frekvenciákon, a valós szimuláció gyakorlatirányító központjával. A híradó frekvenciák egységesítése nagyban függ attól, hogy a különböző nemzetek hogyan lesznek képesek meghatározni egy vagy több olyan dedikált frekvenciát, amelyet a nemzetek állami frekvenciafelügyeleti hatóságai is engedélyeznek korlátozás nélkül.

## ÖSSZEGRÉS

A lézeres szimulációs rendszerek fejlesztése lehetővé teszi, hogy a MILES középtávon is alapvető kiképzéstámogató eszköz maradjon a NATO kiképzési rendszerében. A ballisztikai hatások realisabb megjelenítése hozzájárulhat, hogy valós harc helyzetben a baráti erők a lehető legkisebb veszteségeket szenvedjék el. A fejlett valós szimulációs rendszerek a valóságot legjobban megközelítő kiképzést tesznek lehetővé. A valós szimulációval javítható a reakcióidő, a váratlan helyzetek gyors és magabiztos kezelése, csökkenthetők a veszteségek, magasabb szintű harci fegyelem és összekovácsoltság érhető el. A valós szimulációs eszközökkel lehetővé válik a kiképzési költségek racionálisabb felhasználása, úgy, hogy ez nem okoz visszaesést a kiképzés hatékonyságában.

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [7] PMT 90-S002M MULTIPLE INTEGRATED LASER ENGAGEMENT SYSTEM (MILES) COMMUNICATION CODE (MCC) STANDARD 8 February 2011 <https://docz.net/doc/8567241/pmt-90-s002m-system--miles--8-february-2011> (Letöltés: 2022.1.24.);
- [8] CUBIC DEFENSE I-MILES TVS updated datasheet [https://www.cubic.com/sites/default/files/11738\\_004%20I-MILES%20TVS%20ds%20hr\\_Updated.pdf](https://www.cubic.com/sites/default/files/11738_004%20I-MILES%20TVS%20ds%20hr_Updated.pdf) (Letöltés: 2022.1.28.);
- [9] Manworn Systems PAN <https://www.cubic.com/solutions/training/ground/tactical-engagement-systems/manworn-systems#paragraph-tab-10321-4> (Letöltés: 2022.1.28.);
- [10] Optical Interface Specification OSAG 2.0 Standard (Optische Schnittstelle für AGDUS und GefÜbZ H 2011. <http://osagstandard.com/Resources/OSAG%202.0%20Standard%20Specification.pdf> (Letöltés: 2022.1.28.);
- [11] Saab Receives Upgrade Orders for U.S. Army Training Systems <https://soff.se/medlemsnyhet/saab-receives-upgrade-orders-u-s-army-training-systems-saabgroup/> (Letöltés: 2022.1.15.).



Bárány Dániel\* – Rembeczki Szabolcs\*\*

# Pilóta nélküli légi járművek repülésbiztonsági kérdései és az azokra adható technikai megoldások lehetőségei

## A DRÓNOK ÉS A LÉGTÉR HASZNÁLATÁRA VONATKOZÓ SZABÁLYOK RÖVID ÖSSZEFOGLALÁSA

A pilóta által vezetett és a pilóta nélküli légi járműveknek (Unmanned Aerial Vehicle – UAV<sup>1</sup>) repülési feladataikat gyakran egyazon légtérben kell végrehajtaniuk hasonló típusú repülési profilok mentén. Ennek eredményeként elvárta, hogy a pilóta nélküli légi járművek működése, működtetése a légtér azonos szegmenseiben összességében nem jelenthet nagyobb veszélyt, mint a normális légi közlekedésben már ismert és sztenderdként elfogadott kockázati tényezők.

2019-ben megjelentek az Európai Unió rendeletei, amelyek valójában csak keretrendszerként adtak a drónszabályozás nemzeti érdekelttségű kidolgozásához<sup>2</sup>. A magyarországi drónhasználatot kapcsolatos tevékenységekre vonatkozó szabályozást 2021. február 10-től kell alkalmazni. A magyar és az uniós szabályok célja is a biztonságos drónhasználat elősegítése azzal, hogy repülési szabályokat, oktatási követelményeket, regisztrációs kötelezettséget, illetve egyéb szabályokat határoznak meg, amelyeket gyakorlatilag minden drónhasználónak ismernie kell, és maradéktalanul be is kell tartania, mielőtt drónfelhasználóvá válik. [1]

A drónhasználati szabályok drón kategóriákhoz kötöttek, amelyet azonban ebben a cikkben nincs mód részletesen bemutatni. A légtérfeosztás ismerete rendkívül fontos a légi közlekedés szempontjából, hiszen már akkor is légtérhasználatról beszélünk, ha akár csak 1 méterre felemelkedik egy drón a Föld felszínéről.

A légtérhasználatnak tehát komoly szabályrendszere van. Ennek ismerete hiányában rendkívül kockázatos a drónok alkalmazása.

A drónok nemcsak a Földön tartózkodó személyek számára jelenthetnek veszélyt, hanem – mivel az eszközök a légtér használói is –, így a többi légi járműre is kockázatot

jelentenek. Olyan elektronikus azonosító és ütközés-elkerülő rendszerek alkalmazása szükséges, amelyekkel a pilóta nélküli légi járművek nagyobb biztonsággal képesek a repülési feladataikat végrehajtani anélkül, hogy egymást vagy a pilóta vezette légi járműveket, azok repülési profiljait veszélyeztetnék.

A biztonságos légi közlekedés elősegítésének érdekében a MILTECH Zrt. megállapodást kötött a Sagetech Avionics amerikai céggel a légi közlekedést elősegítő, légi elektronikus azonosító, és ütközést gátló rendszerek Magyarországon, valamint másik nyolc országban történő forgalmazására, és az azzal kapcsolatos műszaki integrációra.

A Sagetech Avionics célja, hogy bővítse az UAV-rendszerek alkalmazási spektrumát, növelve a légi közlekedést elősegítő légi pozíció és helymeghatározó, elektronikus azonosító és ütközést gátló rendszerek iránti globális keresletet, beleértve a „detektáld és kerüld el” elvet támogató repüléselectronikát, valamint célszoftvereket.

A MILTECH több mint 25 éves tapasztalattal rendelkezik különböző típusú radarok modernizációjában, légvédelmi tűzvezető rendszerek fejlesztésében, NATO-szabvány harcászati adatkapcsolatok, kommunikációs protokollok fejlesztésében, alkalmazásában. A hadiipari cég kutatási eredményei révén hozzájárul ahhoz, hogy a Sagetech miniatűr repüléselectronikai és alkalmazói szoftvermegoldásai-val elősegítse az UAV-k biztonságos légtérintegrációjának megvalósítását.

## A PILÓTA VEZETTE ÉS PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰVEK KOMBINÁLT ALKALMAZÁSA KATONAI ÉS CIVIL TERÜLETEN

Katonai szempontból számos szakirodalmi forrás bizonyítja, hogy az UAV-rendszerek katonai műveletekben történő felhasználása milyen széles skálát mutat [2] [3], itt

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A pilóta nélküli repülőeszközök elterjedése megköveteli a vonatkozó törvények rendszeres felülvizsgálatát, valamint új műszaki megoldások alkalmazását a biztonságos légi közlekedés érdekében. A MILTECH Zrt. és a Sagetech Avionics cég együttműködési megállapodást kötött olyan piacvezető avionikai termékek forgalmazására, amelyek lehetővé teszik a légi eszközök azonosítását, a balesetek csökkentését, és a repülések biztonságosabbá tételét.

**KULCSSZAVAK:** repülésbiztonság, légtérmenedzsment, UAV-alkalmazások, mikro-repüléselectronika, transzponder, interrogátor, ütközés-elkerülő rendszer

**ABSTRACT:** The proliferation of unmanned aerial vehicles requires a regular review of the relevant laws and the application of new technical solutions for safe aviation. MILTECH Zrt. and Sagetech Avionics have signed a cooperation agreement for market-leading avionics products that enable the identification of aircraft, the reduction of accidents, and enhance the safety of flights.

**KEY WORDS:** flight safety, airspace management, UAV applications; micro avionics, transponder, interrogator, collision avoidance system

\* MILTECH Haditechnikai és Informatikai Zrt. Vezérigazgató-helyettes, ORCID: 0000-0002-4562-8083

\*\* Ph.D., MILTECH Haditechnikai és Informatikai Zrt. Fejlesztési osztályvezető, ORCID: 0000-0002-2658-2876



megemlíthetjük a hírszerzést, a felderítést, különböző katonai célpontok elfogását, azonosítását, követését, harctéri károk értékelését, az elektronikai hadviselés és a kibernetikus műveletek támogatását, fegyverek hordozását, különböző technikával kivitelezett célmegjelölést, célátadást, légtérhasználatának akadályozását, különböző improvizált elektronikai harci töltetek és egyéb veszélyes anyagok célba juttatását, és még számos más stratégiai, műveleti és harcászati szinten jelentkező feladatok végrehajtását<sup>3</sup>.

A polgári alkalmazást tekintve is egyre bővül a paletta. A teljesség igénye nélkül említhetjük [1] kiemelt rendezvények megfigyelését, rendvédelmi biztosítását, katasztrófaesemények kárainak felderítését, beazonosítását, eltűnt személyek keresését, mentésben történő közreműködést, telekommunikációban átjáró, relé funkció ellátását, kereskedelmi szolgáltatást, szállítmányozást, építészeti, közlekedési, folyami szolgáltatások biztosítását, szórakoztatást.

A katonai műveletek vonatkozásában a pilóta vezette és pilóta nélküli légi járművek kombinált alkalmazása folyamatosan teret nyer az összhaderőnemi műveletek harci és harci támogatással kapcsolatos feladataiban. Egyre elterjedtebb a drónok tömeges, kötelékben (drone swarm – drónraj) történő katonai és civil alkalmazása is. [4] Az UAS (Unmanned Aerial Systems) rendszerek katonai műveletekben történő alkalmazása olyan nagy előnyökkel jár – bizonyítják ezt korunk háborúi, mint pl. az örmény–azeri és az orosz–ukrán konfliktus is – amely alapján egyértelműen látszik, hogy a pilóta és pilóta nélküli repülő eszközök egy légtérben történő biztonságos alkalmazása nélkülözhetetlen képesség.

A pilóta nélküli légi járműveket a légtérhasználati integráció elérése érdekében olyan repülőelektronikával kell felszerelni, amellyel adott pilóta nélküli repülőeszköz nemcsak maga detektálja és elkerüli a többi légi közlekedésben résztvevő repülő eszközt, hanem közben önmagát is láthatóvá teszi mások számára. A szerzők, tanulmányuk további részében összefoglalják a technológiai kivitelezés és megvalósítás lehetőségeit.

### UAS-RENDSZEREKEN ALKALMAZOTT HELY-/HELYZETMEGHATÁROZÓ REPÜLŐELEKTRONIKAI RENDSZEREK

A pilóta nélküli légi járművek esetében egy esetleges légi incidens elkerülésében, megakadályozásában a technikai megoldások alkalmazása nagy szerepet kap. Szükség van olyan repülőelektronikai eszközök implementálására (akár a légi jármű platformjára, akár földi vezérlőállomásokra), amelyek által a biztonságos repülés megfelelő színvonalon garantálható. Így például pozíció- és helymeghatározó, elektronikus azonosító és ütközést elkerülő rendszerek alkalmazásával lehetővé válik nemcsak a drónok tömeges, kötelékben történő biztonságos alkalmazása, de a pilóta általi légi járművekkel történő biztonságos közös légtérhasználat is.

A Sagetech Avionics egy amerikai repülőgéptechnológiai vállalat, amely repülőgép-válaszadókkal (transzponderekkel), lekérdező-berendezésekkel (interrogátorokkal), célszoftverekkel és kapcsolódó technológiákon alapuló helyzetfelismerő (situational awareness) megoldásokkal elősegíti a biztonságos repülést a pilóta nélküli légi járművekkel. A vállalat jelenleg a legtöbb kis és közepes kategóriájú katonai és polgári területen alkalmazott UAS-rendszerek esetében érintett különböző szolgáltatások tekintetében, amelyek hosszú évek óta, éles helyzetben is bizonyították megbízhatóságukat, működőképességüket (mission-proven). A vállalat több évtizedes programtapasztalattal, megszerzett tanúsítványokkal, szabványokkal, valamint több millió repülési óra árán szerzett tudással, szakmai háttérrel nyújt

hiteles garanciát arra, hogy termékeivel maximális értéket és repülésbiztonságot nyújtson az ügyfeleknek a pilóta nélküli repülő eszközök biztonságos üzemeltetésében, élettartam-menedzsmentjében. A vállalat folyamatosan bővíti a technológiai repertoárját, hogy átfogó, tanúsítványokkal rendelkező repülőelektronikai rendszereket fejlesszen ki elsősorban detektáló, ütközésgátló, figyelmeztető, léghelyzet-pozicionáló és -értékelő, valamint elektronikus azonosítást lehetővé tévő területeken. A cél nem lehet más, mint a pilóta nélküli repülőeszközök repülésbiztonságának maximalizálása.

A repülőelektronikai rendszerek ún. hasznos teherként (payload), esetleg augmentációként kerülnek alkalmazásra a hordozó légi járműveken, így a pilóta nélküli eszközökön is. Drónokon alkalmazható kis SWaP (Size, Weight and Power – méret, tömeg és teljesítmény) eszközöket kis tömeg, kis méret és alacsony teljesítmény igény jellemzi. Ezek a megfizethető árú, hatékony, miniatűr termékek könnyen integrálhatók (plug & play rendszerűek), és műszakilag validálhatók, igazolhatók.

### IDEGEN-BARÁT AZONOSÍTÓ RENDSZEREK

Egy tanulmány szerint több mint 90 országnak van hozzáférése közepes méretű drónokhoz, amelyek nemcsak nagyobb hatótávolsággal bírnak, mint az egyszerű hobbi drónok, hanem képesek fegyverzet hordozására, és precíziós támadás végrehajtására. [5] A légi járművek elektronikus úton történő azonosítása, és azt követően azonosítási kategóriába történő sorolása elengedhetetlen a légi járművek hovatartozásának (barát vagy ellenség) megállapításához. Így egyre inkább fontos az elektronikus idegen-barát azonosító rendszerek (IFF – Identification Friend or Foe) alkalmazása a drónokon is. A katonai repülés során számos esetben a rossz, helytelen célazonosítás következményeként került saját cél megsemmisítésre.

Az elektronikus azonosítás során keletkezett adatok nagyon szenzitívek, különös információvédelmi intézkedéseket igényelnek, hiszen a kompromittálódott adatok következtében alapvető légtérellenőrzési képességek sérülnek. A technikai lehetőségek bővülésével és a fokozottabb információvédelem érdekében bevezetésre került az IFF MARK XII Mode 5 képesség, amely a korábbinál magasabb, sokkal nehezebben kompromittálható technikai színvonalú védeltséget biztosít, természetesen sok más technikai újdonság mellett. [6]

Az IFF-rendszerek civil/katonai esetekre vonatkozó működési módjait szigorú szabványok írják elő, amelyeknek maradéktalanul meg kell felelni akár kérdező (interrogátor), akár válaszadó (transzponder) platformokról van szó. Egy katonai feladat sikere múlhat azon, hogy egy drón vagy drónraj teljesíteni tudja-e a feladatát, vagy sem. A drónok ugyanolyan célpontjaivá válhatnak a légvédelemnek, mint a pilóta vezette légi járművek, ezért az elektronikus azonosító rendszerekkel történő felszerelésük kifejezetten indokolt. [8]

A pilóta nélküli repülőeszközökön történő megfelelő mikro IFF-transzponder kiválasztása az alkalmazótól függ, hiszen civil, katonai és civil/katonai alkalmazás egyaránt lehetséges. Fő műszaki és felhasználói szempontok meghatározása fontos a megfelelő transzponder kiválasztásához. [9]

### ÁLTALÁNOS JELLEMZŐK

Egy transzponder teljes integrációja, valamint szinkronizációja a robotpilóta (auto pilot) és egyéb fedélzeti rendszerekkel jelentős feladat. Ezért is fontos, hogy nagy meg-



1. táblázat. Sagetech MX transzponderek fő paraméterei  
(A szerzők szerkesztése az [7] alapján)

	Sagetech IFF		
	MXS transzponder	MX12B Mk-XIIB transzponder	MXR interrogátor
IFF civil módok	Mode A, C, S		
IFF katonai módok	–	Mode 1, 2, 3/A és Mode 5 Level 1&2	–
ADS-B	Integrált 1090 MHz ADS-B In/Out		
Tömeg	190 g		
Méret (H x Sz x M)	86 x 64 x 25 mm		
Működési hőmérséklet	–40 – 70 °C		
Működési magasságtartomány	Nincs korlátozva		
Működési sebességtartomány	Nincs korlátozva		
Tipikus teljesítményigény	10 W	13 W	10 W
Tápfeszültség	14 – 28 V +/- 4V DC		
Adóteljesítmény	316 W		
Integrált magasságkódoló	Van		
I/O portok	RS-232, RS-422, Ethernet		
Kripto eszköz	–	AIMS4-900(A) Opció B (KIV-77)	–

bízhatóságú, minőségi transzponder kerüljön felhasználásra, amely számos szabvány előírásainak megfelel, alacsony a meghibásodási mutatói, és több évnnyi használat tapasztalata áll mögötte.

### KOMMUNIKÁCIÓS ÉS CSATLAKOZÁSI KÉPESSÉGEK

Többféle kommunikációs port és ki-/bemeneti csatlakozási képesség biztosítása nagyobb flexibilitást biztosít a különböző rendszerekhez történő integráció során, és elősegíti az interoperabilitást. Ilyen elvárás lehet pl. a GPS-alkalmazhatóság, vagy C2 rendszer integrálhatósága többféle módon. A tradicionális RS-232 mellett, az alacsony SWaP-megoldások kialakításához egyre inkább terjed az Ethernet csatlakoztathatóság is. Kommunikációs redundancia mellett, hibaizolációhoz Ethernettel szintén könnyű a rendszerdiagnosztika kialakítása.

### IFF ÉS ADS-B KÉPESSÉGEK

Sok UAV-platform egyaránt végez civil és katonai tevékenységet is. Ilyenkor előnyösebb olyan transzpondert választani, amely a civil és katonai azonosítási módok (így a legújabb Mode 5) kezelésére egyaránt képes (1. táblázat). Továbbá egyre nagyobb az igény az ADS-B In eszköz alkalmazására is. Az ADS-B In (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) képesség légi helyzetfelismerő képességet nyújt, amellyel megfelelő döntés hozható légi ütközések elkerülése érdekében. Igazolással rendelkező ADS-B In vevő alkalmazása szükséges a biztonságos vizuális látótávolságon túli repüléshez, valamint követelmény az ütközés-elkerülő (DAA – Driver Attention Alert) rendszerekben is. Az ADS-B In modult gyakran utólag illesztik a már meglévő transzponderhez, így utólagos integrálása idő- és munkaigényes. Célszerűbb olyan transzpondert választani, amely eleve rendelkezik ADS-B eszközzel, míg mérete, tömege továbbra is alacsony marad. Az MXS a világon az első olyan integrált ADS-B In/Out képességgel rendelkező mikro-transzponder, amely FAA- (Federal Aviation Administration – Szövetségi Légügyi Igazgatás) tanúsítvánnyal rendelkezik.

### AUTOPILOT-INTEGRÁLHATÓSÁG

A transzponder különböző autopilot rendszerekhez történő integrálása idő- és költségigényes. Így célszerű eleve olyan transzpondert választani, amely könnyen adaptálható különböző autopilot rendszerekhez, és gyors illesztési eljárással flexibilisen integrálható számos gyakran alkalmazott autopilot típushoz.

### TELJESÍTMÉNY ÉS LÁTHATÓSÁG

A transzponder kimeneti teljesítményének megfelelő tartása a teljes üzemelési hőmérséklet tartományban, igen fontos a transzponder láthatósága miatt. Magas hőmérsékleten a transzponder kimeneti teljesítménye csökkenhet, amivel a detektálási távolság csökken. Alacsony hőmérsékleten a teljesítményingadozás (power droop) szintén jelentős lehet adás alatt. Ha az adás a specifikáción kívül esik (2 dB-lel), akkor az ATC (Air Traffic Control – Légiközlekedés-ellenőrző) radar vagy a TCAS (Traffic Collision Avoidance System – forgalmi ütközés-elkerülő rendszer) ADS-B vevők elutasítják a transzponder adását. Ha a transzponder 2 dB csökkenés nélkül képes tartani teljes kimeneti teljesítményét a teljes hőmérsékleti tartományban, akkor a légi jármű látható marad.

### ANTENNADIVERZITÁS ÉS LÁTHATÓSÁG

Néhány tradicionális transzponder csak 1 db dipólanennát alkalmaz, így azonban a dipól sugárzásikarakterisztika jellegéből adódóan, függőleges irányban jelentősen csökken a jármű detektálási távolsága. Két darab (alsó és felső) antenna alkalmazásával jobb sugárzási karakterisztika, és így jobb láthatóság érhető el az UAV felett, és alatt is. Kritikus küldetéseknél fontos, hogy ne csak a földi, hanem a műholdas ADS-B rendszerek számára is jól látható legyen az UAV.





1. ábra. Sagatech Mk-XIIB Mode 5 képes transzponder (balra), kezelői szoftver grafikus felhasználói felülettel és teszteszköz (jobbra) [10] (Sagatech Avionics engedélyével)

### FELHASZNÁLÓBARÁT JELLEMZŐK

Alapvető elvárás, hogy az IFF-eszköz felhasználóbarát, tehát könnyen kezelhető, könnyen karbantartható legyen, rendelkezzen termék- és integrációs támogatással, legyen könnyen telepíthető és könnyen konfigurálható a vevői igények figyelembevételével. A Sagatech plug & play kialakítású termékei különböző I/O portokat (input/output – bemeneti/kimeneti) és számos autopilot rendszert támogatnak elősegítve az integrációt.

A repülőelektronikai eszközök a hardverelemek szoftveres támogatásaként nélkülözhetetlenek a platformintegráció, a rendszerkonfiguráció, a vezetés-irányítás (C2 – command-control) megvalósítása, és a megjelenítés szempontjából. Az adatrögzítési képesség elősegíti a küldetés későbbi kielemezését és a karbantartást is. A funkciókhoz grafikus felhasználói felület áll rendelkezésre, amelynek használata könnyen elsajátítható. (1. ábra) Szoftveres támogatással ellátott integrációs és tesztkit biztosítja továbbá a robotpilóta-integrációt, a titkosítást, a kommunikációs portok konfigurálását, GPS-jel szimulációt, és a tesztelést is. Továbbá előkonfigurált KIV-77 emulátorral<sup>4</sup> a Mode 5

képesség is tesztelhető, mivel így kulcsok igénylése, és kulcsbetöltő használata nem szükséges. A KIV-77 eszköz-ellenlétben, az emulátor tárolásához és kezeléséhez nem szükséges a COMSEC<sup>5</sup> követelmények teljesítése.

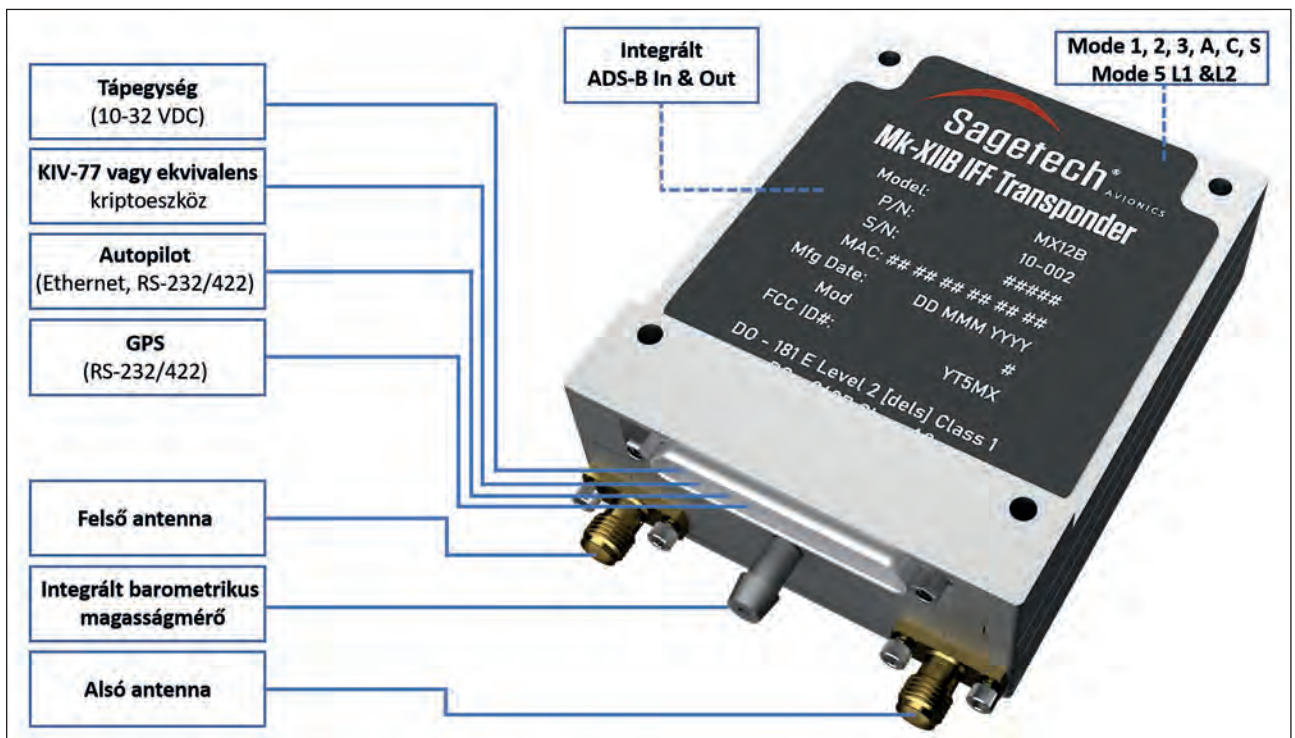
A fenti képességeket figyelembe véve, a Sagatech MX12B transzponder a világon az első tanúsítvánnyal rendelkező Mk-XIIB Mode 5 képes mikro IFF transzponder, amely kisebb drónokon is alkalmazható katonai és/vagy civil célból egyaránt. Az integrált ADS-B In/Out képességgel rendelkező MX12B rendszer csatlakozásait a 2. ábra szemlélteti. A tápellátás mellett, a Mode 5 képességhez szükséges kriptográfiai (pl. KIV-77 vagy ekvivalens) eszköz is a transzponder fő soros portjára csatlakozik. A légi jármű alsó és felső részén elhelyezett IFF-antennák a transzponder SMA<sup>6</sup> csatlakozóira csatlakoznak. A fő portra csatlakoztatható GPS-eszköz, így a különböző adatformátumú GPS-jelek kezelése szintén megoldott. Soros (RS232/422) vagy Ethernet portokkal számos gyártó autopilot berendezése csatlakoztatható a transzponderre. Barometrikus magasságméréshez külön port áll rendelkezésre nyomás kalibrációhoz.

### ÜTKÖZÉS-ELKERÜLŐ RENDSZEREK

Az észlelő és elkerülő (Detect and Avoid – DAA) rendszerek a látótávolságon túli (BVLOS – beyond visual line of sight) katonai és civil alkalmazásokban egyaránt fontos repülésbiztonsági eszközök az ütközések elkerülése érdekében.

A DAA-rendszer működése szempontjából figyelembe kell venni, hogy merev vagy forgószárnyas típusú pilóta nélküli légi járműről esik szó. A merev és a forgószárnyas UAV-k repülési tulajdonságai (pl. manőverezési képesség, maximális repülési magasság stb.) jelentősen eltérnek egymástól, így eltérő az ACAS (Airborne Collision Avoidance System – Fedélteti ütközés-elkerülő rendszer) alkalmazása szükséges.

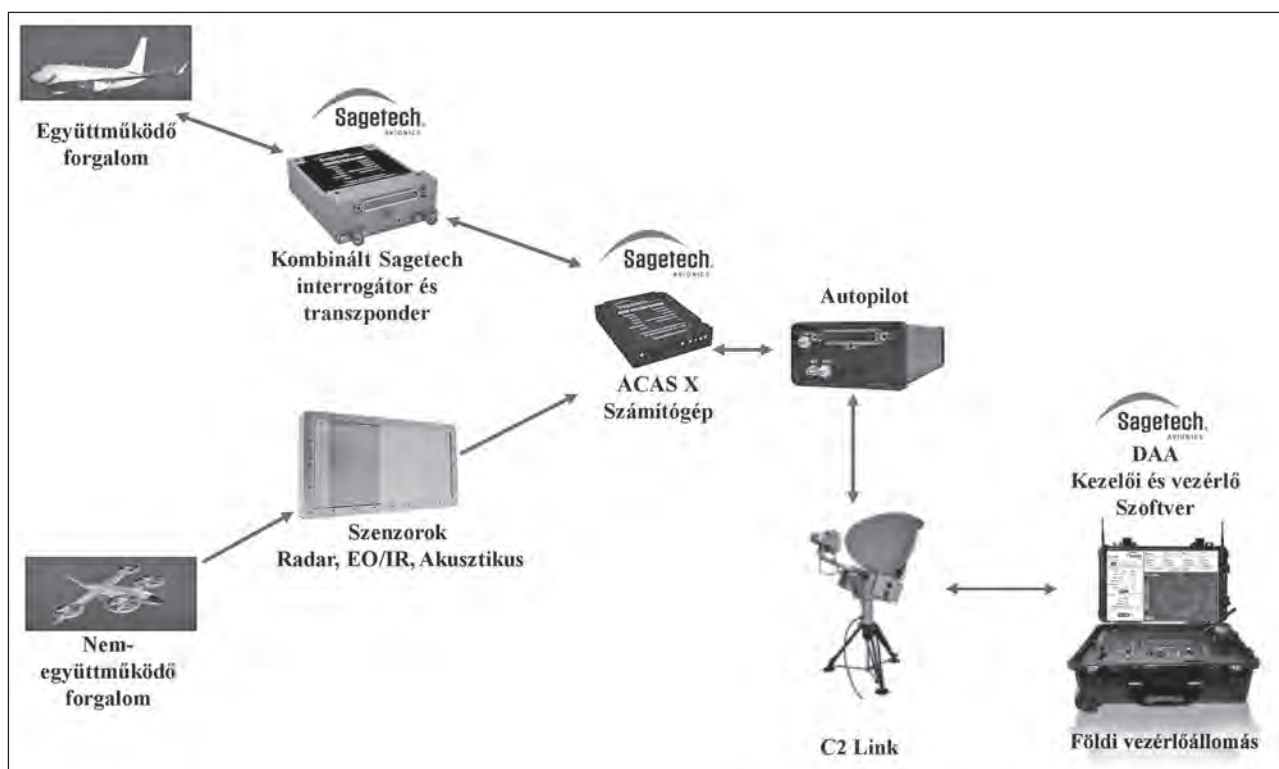
2. ábra. A Sagatech Mk-XIIB Mode 5 képes transzponder rendszer csatlakozásai (a szerzők szerkesztése, Sagatech Avionics engedélyével)





2. táblázat. A Sagatech DAA-rendszerek fő paramétereit (a szerzők szerkesztése az [11] alapján)

	DAA-rendszerek		
	ACAS Xu	ACAS Xr	ACAS sXu
Légi jármű	Merevszárnyas UAS 25 kg felett (>55 lb)	Forgószárnyas repülő 25 kg felett (> 55 lb)	Kis UAS 25 kg alatt (< 55 lb)
Tömeg	190 g		60 g
Méret (H x Sz x M)	86 x 64 x 25 mm		
ADS-B (1090 MHz)	x	x	-
ADS-B validáció	x	x	-
ADS-B (kétsávós 978/1090 MHz)	-	-	x
Mode S transzponder	x	x	-
Radarszenzor	x	x	x
EO/IR-szenzor	x	x	x
Akusztikus szenzor	opció		
Földi telepítésű szenzor	-	-	x
C2-kapcsolat	x	x	x
C2 műholdas kapcsolat	opció		
Integrált V2V kapcsolat <sup>7</sup>	-	x	x
ACAS számítógép	x	x	x
Vezérlőállomás-szoftver	x	x	x



3. ábra IFF és szenzor alapú ütközés-elkerülő rendszer felépítése (szerző szerkesztése, Sagatech Avionics engedélyével)

A légi forgalom jellegétől szintén függ a DAA-rendszer működésének módja. A légi közlekedésben kétféle forgalomkategoría létezik: az együttműködő és a nem együttműködő.

A kooperatív forgalomban a légi járművek elkerülő rendszerrel felszereltek, amelyek minimalizálják az ütközés kockázatát. Az egymással kooperáló légi járművek alapve-

tő repülési adataikat kommunikálják. Az ADS-B rendszer, a repülés valamennyi fontos paraméterét valós időben továbbítja. A pilóta nélküli repülőeszköz észlelő és elkerülő rendszerének ezen repülési adatokat venni kell, tehát rendelkezik egy vevő berendezéssel és egy repülőgép-fedélzeti elektronikus kérdező berendezéssel (interrogátorral) az érkező ADS-B track (útvonallal) hitelesítésére (erre a vett ADS-B



adatok visszaigazolása miatt van szükség). Ha fennáll az összeütközés veszélye, az egyik repülőgép emelkedik, a másik pedig süllyed, ezzel elkerülve az ütközést.

A nem kooperáló forgalomban, a nem együttműködő légi jármű repülési jellemzői (pozíció, irány stb.) nem ismertek, így ezen információkhoz begyűjtésére szenzorokat kell használni. Ilyen felszíni vagy fedélzeti telepítésű szenzorok lehetnek pl. radar, elektro-optikai, infravörös (EO/IR) szenzorok vagy akusztikus szenzorok, illetve ezek kombinációi. E szenzortípusok előnyökkel és hátrányokkal is rendelkeznek, eltérnek többek közt pl. méretben, detektálási képességben, energiaigényben. [12] Ezen jellemzők mind befolyásolják alkalmazhatóságukat. Minden időjárásban működő (all-weather) fedélzeti levegő-levegő radarokkal pl. nagyobb detektálási távolság érhető el, azonban mérete és energiaigénye is nagyobb az EO/IR vagy akusztikus szenzorokhoz képest. Így pl. ez utóbbi szenzorok kisebb drónokon jobban alkalmazhatók.

Az észlelő és elkerülő rendszer számítógépe (DAA ACAS computer) a vett adatokat (ADS-B, fedélzeti és/vagy földi telepítésű szenzor adatokat) fuzionálja, kiértékeli, majd a kiértékelt útvonal- (track) adatokat továbbítja az autopilot rendszernek. Ütközésveszély esetén a megfelelő figyelmeztető információkat a drón továbbítja közvetlenül vagy pl. műholdas, vagy földi C2 kapcsolaton keresztül az UAV-irányító állomásra. (3. ábra) A drónok nagyobb manőverezési képességét figyelembe véve, ACAS ütközés-elkerülési eljárásban horizontális elkerülő manőver is alkalmazható, míg a hagyományos TCAS-rendszer esetén csak vertikális szeparáció történik a légi járműveknél az ütközés elkerüléséhez.

## ÖSSZEGZÉS

A gondolatok zárásaként remélhetően sikerült az érdeklődő olvasók figyelmét felhívni a drónok alkalmazására vonatkozó, megoldásra váró, de legalábbis átértékelésre szoruló szabályozási, alkalmazási környezetre. A drónok előretörése megállíthatatlan, mivel alkalmazási lehetőségük jelenleg szinte nem ismer korlátokat. Így minden ország légi közlekedésében fel kell készülni a repülésbiztonsági kockázatok felülvizsgálatára, és megfelelő intézkedések meghozatalára.

A szabályok lefektetése a légi közlekedés biztonságossá tételének egyik módja, a másik pedig a repülésbiztonságot elősegítő technológia alkalmazása és fejlesztése.

A MILTECH Haditechnikai és Informatikai Zrt. és a Sagetech Avionics amerikai cég innovatív, ígéretes együttműködése elősegíti a repülésbiztonsági eszközök alkalmazásának elterjedését, ezzel új távlatokat és képességeket nyitva a hazai katonai és civil drón alkalmazásokban.

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] A. Németh, „UAV-k alkalmazása a közfeladatok ellátása során I.” *Hadmérnök*, 12, szám2, 2018.;
- [2] M. Palik, „A pilóta nélküli légijárművek katonai alkalmazása,” *Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek*, (Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem 2013), 320.;
- [3] Z. Krajnc, „Drónok, hibrid fenyegetés, terrorizmus a légtérből: a légi hadviselés privatizálása,” *Hadmérnök*, 13, szám 4, (2018);
- [4] A. Németh és P. Pápics, „Mini UAV-rajok alkalmazásának lehetőségei különös tekintettel a katonai célú igénybevételre I. rész,” *Haditechnika*, 2019/5. DOI: 10.23713/HT.53.5.04;
- [5] K. Saylor, „A World of Proliferated Drones: A Technology Primer,” *Center for a New American Security*, Június 2015.;
- [6] T. Withington, „Identification Friend or Foe,” *European Security and Defence*, 11-12 (2021);
- [7] Sagetech Avionics, „MX Series Situational Awareness Solutions.”. Letölthető: <https://sagetech.com/resources/>;
- [8] D. M. Zoldi, „Identifying Drone Friend or Foe. More Important Than Ever.”. Letölthető: <https://sagetech.com/news-and-events/identifying-drone-friend-or-foe-more-important-than-ever/>;
- [9] M. Hamilton, „UAV Transponders: Essential Technical Considerations for Your Next Program,” 2020. Letölthető: <https://sagetech.com/resources/white-papers/>;
- [10] Sagetech Avionics, „Situational Awareness Avionics.”. Letölthető: <https://sagetech.com/resources/>;
- [11] Sagetech Avionics, „Detect and Avoid Systems,” . Letölthető: <https://sagetech.com/resources/>;
- [12] N. Veréb, „Az UAV-k fedélzetén alkalmazott szenzorok és ezek működése,” *Repüléstudományi Közlemények*, 2016.

## JEGYZETEK

- 1 A cikk további részeiben drón alatt UAV-t értünk.
- 2 A Bizottság (EU) 2019/947 végrehajtási rendelete (2019. május 24.) a pilóta nélküli légi járművekkel végzett műveletekre vonatkozó szabályokról és eljárásokról. Az új EU-s drónszabályozási keretrendszer a tervek szerint 2022 utolsó negyedévében jelenik meg.
- 3 Technológia, taktika és török tanácsok – hogyan nyerte meg Azerbajdzsán a hegyi-karabahi háborút? (szabadeuropa.hu)
- 4 Az emulátor egy olyan számítógépes program vagy hardver, amely „szimulálja” más programok vagy eszközök környezetét, vagyis lehetővé teszi az adott rendszerrel nem kompatibilis programok (vagy operációs rendszerek), illetve számítógépek futtatását. (A szerk.)
- 5 COMSEC – Kommunikációs biztonság. Az Egyesült Államok kormányának távközléséből származó, nemzetbiztonsággal kapcsolatos információk illetéktelen személyektől történő megtagadása és az ilyen távközlés hitelességének biztosítása érdekében hozott intézkedések összessége. (A szerk.)
- 6 Az SMA-csatlakozó nagyon kis méretű, ennek ellenére kiváló tulajdonságokkal bír. Jellemzően 5 W alatti teljesítményű VHF, UHF és SHF miniatűr kézi rádiókban, illetve mikrohullámú berendezésekben gyakran alkalmazott csatlakozótípus. (A szerk.)
- 7 V2V – Vehicle-to-vehicle. A jármű-jármű közötti kommunikáció, amely vezeték nélkül képes információt cserélni a környező járművek sebességéről és helyzetéről a balesetek elkerülése, és a forgalmi torlódások érdekében. (A szerk.)





1. ábra. A Helibras integrálta az MBDA AM39 Exocet hajó elleni rakétákat a brazil haditengerészet számára épített Airbus Helicopters H225M forgószárnyasainak fegyverrendszerébe (Forrás: Airbus / Anthony Pecchy; az Airbus Helicopters engedélyével)

Dr. Hennel Sándor\*

## Az Airbus H225M helikopter lesz a Mi-8-as váltótípusa

### ÁLLAMI KONCEPCIÓ A HAZAI IPARFEJLESZTÉS

Magyarország Kormánya a nemzetközi trendekkel megegyezően átfogó haderőfejlesztési és modernizációs programot hirdetett, amelynek része a H225M típusú helikopterek beszerzése is. A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program azt a célt tűzte ki, hogy a Magyar Honvédség a régió legkorszerűbb és legerősebb haderejévé váljon. A 2016-ban megkezdett program több évtizedes műszaki

és infrastrukturális elmaradás ledolgozását célozta meg. A minden fegyvernemet érintő fejlesztésekkel párhuzamosan egy ipar-, illetve hadiiparfejlesztési program is megvalósul. A Kormány szándékának megfelelően a kitűzött újraparítás egyik meghatározó területe a hadiipar és a közlekedés. Az iparfejlesztés pedig nem csupán gyártási kapacitások bővítésével, hanem a csúcstechnológia megcélzásával, a kutatás-fejlesztés és az oktatás minőségi és mennyiségi újrarendelésével kezdődött. [1][2]

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A Magyar Honvédség a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében 16 darab Airbus H225M típusú helikopter beszerzése mellett döntött. A beszerzés évtizedes elmaradás pótlásaként az erkölcsileg és technikailag is elavult, még rendszerben lévő katonai szállító helikopterek cseréjét célozza. A kiválasztás fő szempontja a NATO szövetségi rendszerben olyan eszközök vásárlása volt, amelyek a 21. század technikai színvonalán tudnak eleget tenni az újonnan megjelent fenyegetéseknek, és kihívásoknak. Egyszerre teljesítik a NATO feladatrendszerből adódó együttműködési feladatokat, kielégítik a nemzeti katonai igényeket, és a katasztrófahelyzet idején felmerülő mentési, kárelhárítási feladatokat. A H225M helikopter egy nagy múltú visszatekintő, kiforrott, és a világ számos országában már bizonyított konstrukció. A többfeladatúsága jól látszik, hiszen a személy- és teherszállítási feladatok mellett képes külső súlyként függesztve terhek emelésére, tűzoltásra, kutató-mentő feladatok ellátására, és széles palettán felfegyverezhető, valamint légi utántölthető is.

**KULCSSZAVAK:** helikopter, Airbus, H225M, Mi-17, Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program,

**ABSTRACT:** The government decided to purchase 16 Airbus H225M helicopters within the framework of the Defence and Military Development Program. The procurement is aimed at replacing morally and technically obsolete transport helicopters. The main consideration of the selection was to obtain a weapon system that can meet the emerging external military threats and other challenges at the technical level of the 21st century in the NATO alliance system. At the same time, it fulfills interoperability requirements arising from the NATO system, and meets the military needs that have been formulated by the Hungarian Defence Forces and is able to manage the rescue and the disaster prevention tasks. The H225M helicopter is a long-established, mature design that has been proven in many countries around the world. Its multi-tasking is displayed in addition to the external weight of the person and cargo, capable of lifting loads, firefighting, performing search and rescue tasks, and can be armed and refueled on a wide range.

**KEY WORDS:** helicopter, Airbus, H225M, Mi-17, Defence and Military Development Program

\* Örnagy, PhD, katonai pilóta, repülőmérnök, oktató Nemzeti Közszolgálati Egyetem KMDI. ORCID: 0000-0002-1923-3432





2. ábra. Az Airbus Helicopters marignane-i telephelyén épülő H225 típusú helikopter (Forrás: Airbus / az Airbus Helicopters engedélyével)

A helikopterek beszerzése szervesen illeszkedik a 2021-ben megjelent Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájába is. Az Airbus H145M és az Airbus H225M helikoptertípusok alkalmasak Magyarország határain belül katonai feladatok, a NATO-kötelezettségeinkből adódó nemzetközi hadszíntéren más nemzetekkel együttműködésben történő, és békeidős katasztrófahelyzetekben is feladataik ellátására. Az Airbus, mint gyártó, a világ egyik legerősebb hadiipari cége, amely számos gyáregységével és termékével a világszínvonal elérését jelenti Magyarország számára. Az Airbus az iparfejlesztési együttműködés keretében Gyulán magas technikai szintet képviselő, fogaskerekeket, reduktorokat, és a gyár valamennyi típusát kiszolgáló meghajtáselemeket előállító gyárat alapított az elmúlt években. Ezzel dél-magyarországi a térségben a munkaerő, az oktatás erősítésével megvalósítja az európai uniós és az állami szándéknak megfelelő, Budapesttől elszakadó, vidéket fejlesztő, decentralizációs törekvéseket is. [1]

Az évtizedes lemaradásban lévő helikopterképességek és a szakmai kultúrkörnyezet helyreállításának első lépcsőjeként a H145M helikopterek beszerzése és rendszerbe állítása valósult meg. A pilóták repülési képességeinek fenntartása, létszám szerinti kiterjesztése, a fiatalok oktatása és a modernebb eszközök, technológiák váltása ezeken a helikoptereken keresztül valósul meg. Bár a H145M képességei miatt nem váltótípusa a Mi-8-as és a Mi-24-es helikoptereknek, a szintén beszerzésre kerülő új H225M típus azonban annál inkább alkalmas lesz erre a szerepre. A 2018-as szerződés aláírása nyomán 16 darab helikopter érkezik hazánkba 2023 és 2025 között. Az első példányok összeszerelése már megkezdődött az Airbus dél-franciaországi, Marseille melletti Marignane város gyárában. Az iparfejlesztési programnak köszönhetően, a gyártás második üteméből kikerülő helikoptereket már az új gyulai gyárban készült reduktorokkal, közbetétekkel szerelik fel. (2. ábra) [1][2]

## A H225M HELIKOPTER

A francia mérnökök munkáját dicsérő H225M helikopter egy nagy múltra visszatekintő, kiforrott és a világ számos országában már bizonyított konstrukció. A helikoptert kifejezetten katonai felhasználásra tervezték, amely számos hadszíntéren jeles osztályzattal bizonyított. A típus sikerességét mutatja többfeladatúságának széles palettája, amely csak kevés légi járművet jellemez. A személy- és teherszállító feladatok mellett képes külső súlyként függesztve ter-



3. ábra. Kutató-mentő feladatokra kialakított H225 típusú helikopter jobb oldali ajtaja felett jól látható a mentési célokat szolgáló csörlő (Forrás: Airbus / az Airbus Helicopters engedélyével)

hek emelésére, tűzoltásra, ejtőernyős katonák mélységi kijuttatására, leszállás nélkül katonák kicsúsztatására és felcsörlésére, kutató-mentő feladatok ellátására (3. ábra), irányított és nem irányított rakéták hordozására, 7,62 mm-es, 12,7 mm-es és 20 mm-es, csöves fegyverek alkalmazására, felderítésre, megfigyelésre és célmegjelölésre. (4. ábra) Mindezeket éjjellátó készülékkel felszerelve, nappal és éjszaka egyaránt, egyszerű és bonyolult időjárási viszonyok között is, akár földközeli magasságon repülve is végre tudja hajtani. Képességeinek időbeli kiterjesztése érdekében légi utántöltésre is képes. [3][4]

A típus elődjének fejlesztését a francia hadsereg rendelte meg. Első repülése az 1960-as években történt, míg mára számos szervezeti, tulajdonosi váltás és konstrukciós fejlesztés után már 8 országban teljesít szolgálatot, és több mint 1000 darab készült belőle. [5]

A H225M kategóriája szerint többcélú, közepes szállítóhelikopter, üres szerkezeti tömege 5715 kg, míg a maximális felszállótömege eléri a 11 000 kg-ot. Terhelhetősége az utastérben vagy külső függesztményként azonos, 4750 kg. Az utastér kialakítása szűkös, de 28 fő szállítást teszi lehetővé. [4][6]

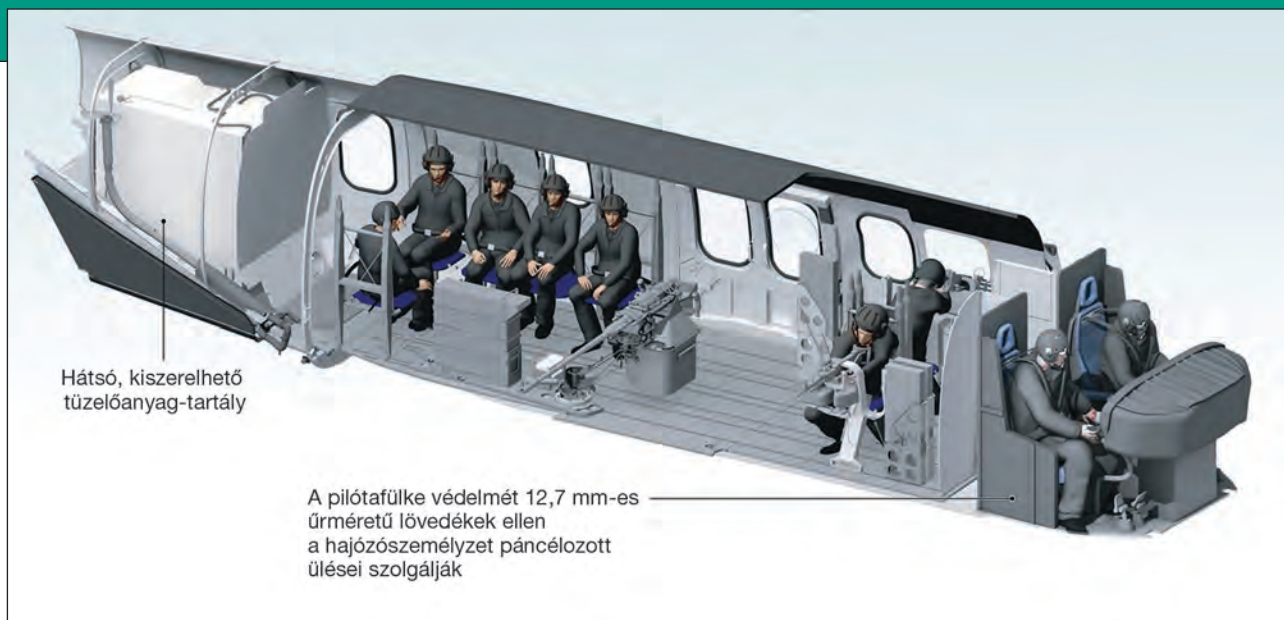
A helikopter hagyományos elrendezésű, öttollú kompozitműanyag fő- és négylapátos farokrotoros kialakítású. A forgószárny átmérője 16,2 méter, amely relatív kis mérete miatt kedvezően befolyásolja a helikopter manőverezhetőségét. [7]

A futómű hagyományosnak mondható, egy orr- és két főfutóból álló kerek kialakítású, amely a légellenállás csökkentése érdekében félig behúzható a törzsbe, és a felszárnnyakba. (5. ábra) A kerek lehetőséget tesz a földi helyváltoztatást, illetve a repülőgépszerűen történő fel- illetve leszállást. Ez a kedvező tulajdonság nagyobb biztonságot nyújt, ha magas a környezeti hőmérséklet, illetve a repülőtér magas tengerszint feletti magassága, vagy maximális a felszálló tömeg, továbbá a kényes leszállások esetén.

A helikopter hagyományos, szegecselt duralumínium lemezszerkezetű, bár a gyártó láthatóan törekszik egyre több műanyagkompozit szerkezeti elem alkalmazására is. [4]

A H225-ös tehertere nem rendelkezik hátsó nyitási lehetőséggel, így gépjárművek szállítását csak külső függesztményként tudja elvégezni. Emiatt a helikopter törzs, és így utastere is jóval keskenyebb a Mi-17-eshez képest, a teherter térfogata 15,5 m<sup>3</sup> az orosz konkurens 23 m<sup>3</sup>-hez képest. Természetesen a törzs mérete pozitív hatásként jelentkezik a repülési sebességére és a fogyasztására tekintve is. A törzs középső részén található padlólemez-ki-





Hátsó, kiszerezhető  
tűzelőanyag-tartály

A pilótafülke védelmét 12,7 mm-es  
űrméretű lövedékek ellen  
a hajózárszemélyzet páncélozott  
ülései szolgálják

**4. ábra.** H225 típusú helikopter törzsének kialakítása és a fedélzeti fegyverek lehetséges elrendezése. A tehertérajtóba 12,7 mm-es vagy 20 mm-es géppágyú rögzíthető, míg a kétoldali ablakokba 7,62 mm-es géppuskák kerülhetnek (Forrás: Airbus / az Airbus Helicopters engedélyével)



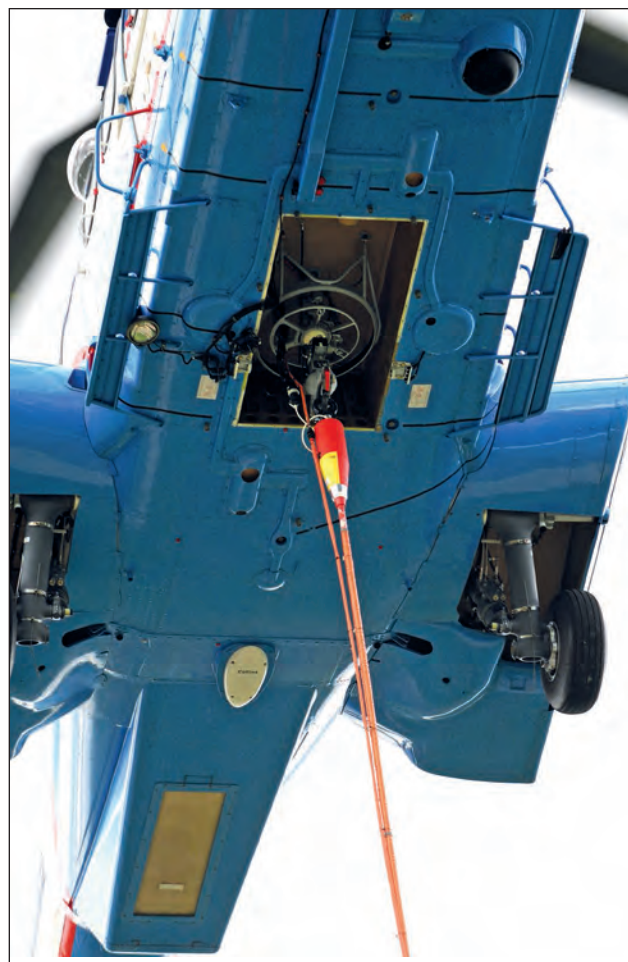
**5. ábra.** A törzsbe és a félszárnyakba félig behúzott orr- és főfutók csökkentik a légellenállást (Forrás: Airbus / az Airbus Helicopters engedélyével)

vágáson keresztülvetett sodronykötél segítségével képes külső függesztményként terheket szállítani. (6. ábra) Ez a megoldás egyébként megegyezik a Mi-17-es típuson alkalmazottal, így a sárkányszerkezet terhelését csökkentik. A padlólemez kivágása lehetőséget biztosít tűzoltóflyadék tehertéren belüli szállítására és kiengedésére is. [8]

A törzs jobb és bal oldalán is nagy méretű ajtók biztosítják a rakodást, illetve a ki- és beszállást. A kedvező szimmetrikus kialakításnak köszönhetően mind a két ajtón keresztül egyidőben lehet csörlési és kicsúszási feladatokat végezni (a jobb és bal oldali csörlő opcionálisan rendelhető). Olyan esetekben, ahol a helikopter nem képes leszállni – például hajó fedélzetéről történő mentés, fás-, bokros területek, hegyoldalak, háztetők esetében – az emberek csörlővel történő fedélzetre emelése az egyetlen megoldás. A csörlő 272 kg-os teherbírása biztosítja, hogy egyszerre két embert is a fedélzetre lehessen emelni. A mentési feladatoknál ez a képesség kifejezetten előnyös, hiszen a sérült, eszméletlen, magatehetetlen vagy kiskorú személy beemelését, csörlését a mentőszemélyzet segítheti. A szimmetrikusan, mindkét ajtó fölé rögzíthető lecsúszókötél (Fast Rope) biztosítja taktikai környezetben a katonák gyors kijuttatását. [7]

A meghajtást biztosító két darab – kétszárnyas, teljes körű digitális hajtómű-szabályozással (Full Authority Digital

**6. ábra.** A helikopter a törzs középső részén található padlólemez-kivágáson keresztülvetett sodronykötél segítségével 4750 kg terhet képes külső függesztményként szállítani (Forrás: Airbus / az Airbus Helicopters engedélyével)



Engine Control – FADEC) – számítógép vezérelte gázturbinára, a Mi-17-eshez hasonlóan, a reduktor előtt kapott helyet. A Turbomeca Makila 2A hajtómű a gyártó szerint harctéri körülmények között is bizonyított, és különösen jól



használható a katonai szállítási és mentési feladatok során. A hajtómű biztonságos partnerként szerzett hírnevet a kihívásokat jelentő körülmények, tengeri és speciális katonai környezetben repülő üzemeltetők számára. Szerkezete egyszerű, kiforrott konstrukció, három fokozat axiális és egy centrifugálkompresszorból, égőtérből, valamint két-két kompresszor és szabadturbina fokozatból áll. A vészhelyzetben 30 másodpercig felhasználható, egyenként az 1784 kW-os (2390 LE) maximális teljesítmény a helikopter normál mozgásához bőven elegendő teljesítményt biztosít. Ezzel az erőforrással a helikoptert vízszintes repülésben a 262 km/h sebesség gyorsítja, míg a gyártó maximális sebességként a 324 km/h-t adta meg. A Mi-17-eshez képest alacsonyabb szerkezeti és maximális felszálló tömeg, illetve a kedvezőbb aerodinamikai kialakítás, alacsonyabb fogyasztást is jelent. Az üzemanyagtartályok teljes töltéssel 2846 liter kerozin tárolására alkalmasak, míg a kiegészítő tartályokkal ez a kapacitás további 980 literrel bővíthető. A kedvező fogyasztás és a nagyméretű tartályok alapesetben 920 km hatótávolságot biztosítanak, míg póttartályokkal ez 1253 km-re növelhető. A partiórség és a haditengerészeti feladatainak ellátásához ez a képesség nagy jelentőséggel bír. [7]

A helikopter kiemelkedő tulajdonságainak része a fejlett avionikai rendszere is, amely valóban a 21. század színvonalát képviseli. A szorosan kooperáló számítógépek összehangolva, egymásra támaszkodva működnek. Közös rendszerre kapcsolva a nyomá szenzorokból származó repülési adatok, a hajtómű-ellenőrzés, -szabályozás, a navigáció, a stabilitást biztosító robotpilóta, a fegyverrendszer közvetlen egymásra hatással képes együtt dolgozni. A pilóták munkáját integrált kijelzők segítik, amelyeken az adatok fontosságuk vagy a feladat jellege szerint jelennek meg, válnak hangsúlyossá. A navigáció digitális térképeit nagyméretű színes kijelzők is támogatják. A függést segítő robotpilóta precizitása, pozíciótartása deciméteres pontosságúra növekedett a rendszerek összedolgozásának köszönhetően. A számítógépek, illetve a rendszer automatizálása a pilóták munkáját is jelentősen megkönnyíti. Ez azt jelenti, hogy küldetéstől függően kevesebb létszámú személyzet is meg tudja oldani az adott feladatot, illetve az irányítást érintő automatizált funkciók kisebb terhelést jelentenek a pilóta számára. A speciális feladatok ellátására több figyelmet enged, illetve a pilóták ennek köszönhetően lassabban fáradnak el, amely hosszabb bevetések során a repülésbiztonságot is kedvezően javítja. [3]

A haditengerészeti felhasználás miatt megjelent az igény az extra hosszú időtartamú és távolságú küldetésekre. A helikopterek limitált hatósugarát a légi utántöltő csónok felszerelésével és alkalmazásával terjesztették ki. A levegőben légi utántöltő repülőgépekről történő üzemanyag-felvételezés a helikopteres felhasználási területeknek is új távlatokat nyitott. A forgószárny közelsége miatt ebben az esetben az egyébként is nehéz feladat kiemelten érzékenyvé válik, de a helikopter számítógépekkel támogatott kormányzása a felmerülő kockázatokat minimalizálja. A légi üzemanyagfeltöltő csónokot a helikopter orr részének jobb oldalára helyezték el és percnként közel 300 liter üzemanyag felvételére tették alkalmassá.

A Magyarország által rendelt helikopterek TTH (Tactical Transport Helicopter) illetve SOF (Special Operation Forces) felszereltséggel érkeznek. A H145M-ből már ismert, idehaza is kipróbált HForce-rendszert<sup>1</sup> építették be a H225M-be is. (7. ábra) Az orr-részben elhelyezett szenzorgömb tartalmazza a rezgéscsillapítással ellátott, nagy felbontású, zoomolható nappali és éjszakai kamerát, az infrakamerát, a lézeres távolságmérőt és a lézeres célmegjelölő egységet is. A helikopter két oldalán kialakított ajtó-



7. ábra. Az Airbus Helicopters a közelmúltban zárta le a tüzelési tesztjeinek első körét egy általános fegyverrendszerrel, a HForce-szal, amelyet 2016-ban a vállalat kereskedelmi helikopterei számára fejlesztettek ki (Forrás: Airbus / Stephane Kervella; az Airbus Helicopters engedélyével)

nyílások helyet adhatnak a 12,7 mm-es vagy a 20 mm-es gépágyúnak, illetve – a magyar megrendelés esetén – az ajtó elötti ablakok a 7,62 mm-es géppuskák rögzítésére. Ezek a fegyverek az oldal irányú tűzkiváltást, illetve az önvédelmet is szolgálják. A helikopterek oldalán kialakított függesztési pontok több különböző, HForce-rendszer által kezelhető fegyverrendszer rögzítését teszik lehetővé. Rögzíthetők 68 mm-es vagy 70 mm-es irányított és nem irányított rakéták, különböző méretű hagyományos bombák, illetve 20 mm-es géppuskakonténer is. [9]

Bár a hazai beszerzésnél valószínűleg nem kerülnek előtérbe, de a helikopterhez rendelhetők AM-39 Exocet típusú, hajó elleni rakéták is. A 6 méter hosszú, és közel 800 kg tömegű rakéta szubszonikus – a hangsebességet megközelítő – sebességgel, légi indítás esetén 70 km távolságra is eredményesen alkalmazható. [7]

A rendelt helikopterek mindegyikét fejlett passzív és aktív önvédelmi rendszerekkel szerelik fel. A lézerbesugárzás-jelző, a közeledő rakétákat detektáló optikai érzékelők, az infracsapda és dipóluszóró kazetták biztosítják majd a rakéták elleni védelmet. A hajtóművek kiáramló gázainak hőmérsékletét hűtőrendszeren keresztül csökkentik, amivel a hőkövető rakéták hatásosságát rontják. Az opcionálisan felszerelhető lövedékálló betétek a csöves légvédelmi tevékenység ellen védik a helikoptert és a személyzetet. Az ülések kialakítása biztosítja egy durva kényszerleszállás (irányított zuhanás) esetében a mozgási energia erodálását, csökkentését, a rajta ülők védelmét. A lövedékállóság javításában komoly műszaki előrelépés, hogy a hajtóművek és a reduktorok olajelfolyás miatti kenéskimaradását jelentősen sikerült javítani. A reduktor esetében – a gyárilag megadott adat szerint – a kenés kimaradásától számított 30 percig biztosított a meghibásodás nélküli üzemeltetés. [6]

A H225M a Mi-17-es helikopter váltótípusaként jelenik meg a Magyar Honvédségben. Természetesen, mint minden állami – de különösen a katonai – beszerzés, politikai döntések eredménye. Ez érthető is, hiszen a szakmai kérdéseken kívül gazdasági és külpolitikai kérdésekre is választ kell adni. A beszerzési ár, hitel, törlesztési idő, gazdasági ellentételezés, fizetendő pénz nem egy másik szakterület által vizsgált paraméterelemek, amelyek elemzésére nem teszek kísérletet. De az könnyen belátható, hogy pusztán az üzemeltetési és az ellátási lánc szavatolása érdekében katonai eszközt célszerű a fennálló szövetségi rendszerrel azonos katonai blokkon belülről választani, és ilyen szempontból még a független országok mérlegelése is kérdéses. Szavatolni kell jó előre, hogy kritikus viszonyok között minden esetben elérhető legyen a légi járművekhez szükséges tartalékkalkatréz, üzemanyag, illetve pusztítóeszköz-utánpótlás. Ez a logika és Magyaror-





8. ábra. Oroszországban, a burjátöldi Ulan-udei Repülőgépgyár Rt. terméke, a Mi-17-es típuscsalád továbbfejlesztett változatának tekinthető Mi-171Sh, gyakorlórepülés közben [10]

szág NATO-tagsága lényegében kizárja a korábban már rendszerben tartott Mi-17-es típus modernebb változatainak beszerzését. Tisztán a műszaki jellemzők alapján azonban érdemes összehasonlítani a két típust. Az 1. táblázatban az új beszerzett típus (H225M), a jelenleg rendszerben lévő (Mi-17) és annak továbbfejlesztett változatának (Mi-171Sh) [8. ábra] főbb technikai adatai vethetők össze.

Az adatok összevetéséből látható, hogy a három típus azonos kategóriába tartozik, fejlesztésük logikája is hasonló, és az adatok alapján megállapítható, hogy közel hasonló képességekkel rendelkeznek. Különbségként említhető, hogy az orosz Mi-171Sh típus esetében a rámpa és a nagyobb törzsszélesség biztosítja a gépjárművek belső térben történő, nyitott tehertérajtóval pedig további nagyobb méretű terhek, például rotorlapátok szállítását is. A kabin nagyobb belmagassága lehetővé teszi a fedélzeten belül felállva a mozgást, amely a VIP utasszállító kialakítás esetében, és az ejtőernyős ugrások végrehajtásánál kifejezetten előnyös.

A H225M esetében a behúzható futómű és a keskeny, lapos, hosszú törzs a légellenállás csökkentésével gazdaságosságot, nagyobb sebességet és nagyobb hatótávolságot eredményezett. Kétségtelen előnyként sorolható fel a légi utántölthetőség is. (9. ábra) A típus a nagy távolságú feladatvégrehajtások, a hosszú időt igénylő határellenőrzési feladatok esetében rugalmasabb felhasználást tesz lehetővé. A típus hazánkban a jövőben a NATO szövetségi rendszerben ellátott feladatai, más tagországokkal történő együttműködés, távoli kontinenseken történő alkalmazás, vagy tengeri felhasználás esetén is szabadabb feladatvégrehajtást enged, noha a magyar H225M helikopterek nem fognak a légi utántölthetőség képességével rendelkezni. Természetesen az összehasonlítás legfontosabb elemei, így az üzemeltethetőség, illetve annak nehézségei, és a hadszíntéri felhasználhatóság csak nehezen foglalható tá-

9. A típus légi utántölthetőségének lehetősége a hosszú időt igénylő feladatok esetében rugalmasabb felhasználást tesz lehetővé (Forrás: Airbus / az Airbus Helicopters engedélyével)



lázatokba, ezen szempontok alapján csak hosszú évtizedek tapasztalatai nyomán vonható valós mérleg. Személyes véleményem szerint a német-francia műszaki kultúrkör ezen termékei nem fognak számunkra csalódást okozni.

## ÖSSZEZÉS

Összeségében elmondható, hogy a Magyar Honvédség a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében – már régóta időszerűen – 16 darab Airbus H225M típusú helikopter beszerzése mellett döntött. A beszerzés az erkölcsileg és technikailag is elavult szállítóhelikopterek cseréjét célozza. A kiválasztás fő szempontja a NATO szövetségi rendszerben olyan eszközök vásárlása, amelyek a 21. század technikai színvonalán eleget tudnak tenni az újonnan megjelent fenyegetéseknek és kihívásoknak. A beszerzendő helikopter típus egyszerre teljesíti a NATO feladatrendszerből adódó együttműködési feladatokat, a hazai katonai, és a katasztrófahelyzet idején felmerülő mentési, kár-elhárítási feladatokat. A cikk fókuszában szereplő H225M helikopter egy nagy múltra visszatekintő, kiforrott, és a világ számos országában már bizonyított konstrukció. A többfeladatú helikopter a személy- és teherszállító feladatok mellett képes külső függesztéssel terhek emelésére, tűzoltásra, kutató-mentő feladatok ellátására, és felgyverzett feladatok ellátására is. A várakozásoknak megfelelően, minden bizonnyal a legendás Mi-8 és Mi-17-es eszközök méltó váltótípusa lesz.

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Kővári László, „Az első magyar H225M születése” *Aranysas* 2021 szeptember [https://aranysas.hu/cikk\\_gyartosoron.php](https://aranysas.hu/cikk_gyartosoron.php) (Letöltve: 2022.5.3.);
- [2] AIRportal.hu „16 darab H225M típusú többfunkciós Airbus helikoptert vásárol Magyarország” 2018.12.14 <https://airportal.hu/16-darab-h225m-tipusu-tobbfunkcios-airbus-helikoptert-vasarol-magyarorszag/> (Letöltve: 2022.5.3.);
- [3] Harrdder, „Mire lesznek jók a H225M helikopterek?” *Harci Vasak Blog* 2019. 01. 09, [https://killermetals.blog.hu/2019/01/09/mire\\_lesznek\\_jok\\_a\\_h225m\\_helikopterek](https://killermetals.blog.hu/2019/01/09/mire_lesznek_jok_a_h225m_helikopterek) (Letöltve: 2022.5.3.);
- [4] Szabó József szerk., *Repülési lexikon I-II. kötet* (Akadémiai Kiadó Budapest, 1991);
- [5] Michael Taylor, *A modern Katonai Légierő enciklopédiája*, (Alexandra kiadó, 1997);



1. táblázat. A H225M, a Mi-17 és a Mi-171Sh típusok harcászati-műszaki adatainak összehasonlítása  
(A szerző szerkesztése [7][10] alapján)

Helikoptertípus	H225M	Mi-17	Mi-171Sh
Gyártó ország	Franciaország	Szovjetunió	Oroszország
Gyártott darabszám (az elődtípusokkal együtt)	1 000	17 000	17 000
Az elődtípusok első repülése	Puma 1965	Mi-8 1961	Mi-8 1961
A típus első repülése	2000	1975	1996
Alkalmazó országok	8	75	75
Hosszúság [m]	19,5	18,3	18,46
Forgószárnnyátmérő [m]	16,2	21,29	21,25
Magasság [m]	4,97	5,65	5,65
Tehertér mérete [m]	5,95 × 1,8 × 1,45	5,2 × 2,3 × 1,8	5,2 × 2,3 × 1,8
Tehertér térfogata [m <sup>3</sup> ]	15,5	23	23
Üres tömeg [kg]	5715	7370	7489
Maximális felszállótömeg [kg]	11 000	13 000	13 500
Külső függesztés [kg]	4750	3000	4000
Belső terhelhetőség [kg]	4750	4000	4000
Maximális vízszintes sebesség [km/h]	262	250	280
Utazósebesség [km/h]	262	210	260
Maximális sebesség [km/h]	324	300	n. a.*
Hajtómű-teljesítmény [kW / LE]	2 × 1784 / 2 × 2390 30 mp	2 × 1670 / 2 × 2250 360 mp	2 × 2000 / 2 × 2700 30 mp
Hatótávolság [km]	920	495	610
Hatótávolság belső póttartállyal [km]	1253	725	1065
Hatótávolság külső póttartállyal [km]	n. a.	950	n. a.
Csúcsmagasság [m]	6000	5000	6000
Statikus csúcsmagasság [m]	1935	1870	4000
Üzemanyag-mennyiség + póttartály [l]	2846 + 980	1870 + 915	n. a.
Személyzet [fő]	1, 2, vagy 3	2 vagy 3	2 vagy 3
Szállítható katonák száma [fő]	28	24	37
Szállítható VIP-személyek száma [fő]	10 + 1	7	12
Rámpa	nincs	nincs	van
Légi utántöltés	opcionális	nincs	nincs
Oldalajtók	2 db bal-jobb	1 db bal	2 db bal-jobb
Fegyverzet	38 db 70 mm-es NIR, 12,7 mm-es, 20 mm-es géppuska, függeszthető géppuskakonténer	192 db S-5 NIR, géppuska, géppuskakonténer	S-8 NIR, UPK-23-250 géppágyú, 9M120 Ataka irányított páncceltörő rakéta
Felderítés	Sonobuoy tengeri szonár, optikai egység	–	Optikai egység

\* n. a. – nincs adat

[6] Szabó Miklós, *A H145M és H225M katonai helikopterek*, Haditechnika Fiataloknak (Zrínyi Kiadó Budapest, 2021);

[7] „H225M A combat-proven multi-role helicopter” Airbus <https://www.airbus.com/en/products-services/helicopters/military-helicopters/h225m> (Letöltve: 2022.5.3.);

[8] „H225M Cougar Medium Multimission Helicopter” Airforce Technology <https://www.airforce-technology.com/projects/ec-725/> (Letöltve: 2022.5.3.);

[9] Dr. Hannel Sándor és Kelecsényi István, „Az Airbus H145M könnyű, többcélú helikopter” *Haditechnika*

(2019), DOI: <http://doi.org/10.23713/HT.53.5.12> (Letöltve: 2022.5.3.);

[10] „Mi-17 helikopter” *Rosoboronexport* <http://roe.ru/eng/catalog/aerospace-systems/helicopters/mi-171sh/> (Letöltve: 2022.4.15.).

#### JEGYZETEK

1 Az HForce-rendszer az Airbus saját fejlesztése, amely egy moduláris számítógépes rendszert jelent. Segíti a helikopter kezelőszemélyzetet a célazonosításban és a géppuskák, géppágyúk alkalmazásában, valamint a nem irányított rakéták tűzvezetését is ellátja. Az Airbus az irányított rakétarendszerek integrációjával is kísérletezik. (A szerk.)





Dr. Farkas Csaba PhD\* – Nagy Attila\*\* – Csák Attila\*\*\*

## A Protar légvédelmi célrepülőgép fejlesztése Magyarországon **II. rész**

**A** cikk első része 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) más néven – UAT (Unmanned Aerial Target – pilóta nélküli légi cél) légi jármű fejlesztésének időszerejét, a tervezés főbb aspektusait és a repülőgép általános kialakítását, valamint a rendszer elemeit mutatta be. A várva várt berepülési folyamat részletes leírása előtt, a szerzők jóvoltából érdekes műhelytitkok derülnek ki arról, hogy a fejlesztés folyamatai miként állnak összhangban a légi alkalmassági előírásokkal, az érdeklődő olvasók bepillantást nyernek a szigorú gyártástechnológiai módszerekbe és meggyőződhetnek arról, hogy milyen nagy mennyiségű és komplex földi teszt előz meg egy szűzfelzállást.

### LÉGI ALKALMASSÁGI ELŐÍRÁSOK FIGYELEMBEVÉTELE A FEJLESZTÉSI FOLYAMAT SORÁN

Amint arról már az előzőekben említést tettünk, a repülőgépet a szakemberek a NATO STANDARD AEP-83 Light Unmanned Aircraft Systems Airworthiness Requirements Edition A Version 1 a könnyű, pilóta nélküli légijármű-rend-

szerek légi alkalmassági követelményeiről szóló szabvány alapján fejlesztették ki, és a jövőben a sorozatgyártása és az üzemeltetése is e szabvány követelményei szerint történik. [5] A szabályzórendszer értelmében az előírások olyan UAV (Unmanned Aerial Vehicle) pilóta nélküli légi járművekre vonatkoznak, amelyek merevszárny-elrendezésűek, és maximális felszállótömegük nem haladja meg a 150 kg-ot. A kategóriába tartozó légi járművekre vonatkozó, a megfelelőséget alapvetően meghatározó, szigorú műszaki követelmények köre:

- a sárkányszerkezet és az alkalmazásra kerülő anyagszerkezetek,
- a légi jármű meghajtó és energiaellátó rendszerei,
- a segédberendezések és felszerelések,
- a folyamatos légi alkalmasság biztosítását lehetővé tevő háttérkiszolgáló infrastruktúra kialakítása.

Az előírás értelmében a rendszer fejlesztési komplexitása nem abban rejlik, hogy egy repülni képes légi járművet kell létrehozni, hanem már a tervezési koncepció kezdetekor, a formaterv megléte nélkül meg kell határozni az AEP-83 NATO-szabvány ER.1. UL.0. bekezdésének értelmében olyan mérföldköveket, amelyek az egész életciklusára vetített alkalmazhatóság részleteit is meghatározzák. A repülő- és rendszermérnöki gyakorlattal többnyire ellentétes volt, hogy a fejlesztés eleve számos előre meghatározott

\* 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



NATO AEP-83	NATO AEP-83	Means of Compliance Codes										Compliance Method / Attached Compliance Reference Documents	Level of Involvement HgCAA					Compliance Report		
		Not applied	Eng. Evaluation				Tests						No task	Send the document to HgCAA	HgCAA inspect the equipment qualification	Invite HgCAA to audit	Invite HgCAA to test together	Closed by Generation	Approved by HgCAA	
			Compliance statement	Design review	Calculation, Analysis	Safety assessment	Laboratory test	Structural ground test	Flight test	Inspection / audit	Simulation / Other test									Equipment qualification
Requirement	Compliance Reference & Section / Title	N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N	R	I	D	P / W	C	A	

20. ábra. A MOC-struktúra alkalmazása a tanúsítási előírások feldolgozásában (Dr. Farkas Csaba szerkesztése az [5] alapján)

elvárással és tulajdonsággal indulhatott. Példaként emlíünk néhány követelményt, amely erősen behatárolta a tervezők mozgásterét:

- alkalmazási feladatkör, a missziók definiálása,
- a repülési kondíciók és a környezet meghatározása,
- a földi üzemeltetési és kiszolgáló infrastruktúra megadása,
- az üzemeltetési módok kiválasztása (robotpilóta, sebességtartás, magasságtartás, iránytartás, manuális üzem stb.),
- az indítási és visszatérési módszerek,
- a kiszolgáló környezetre vonatkozó kondíciók meghatározása,
- az egyszerre üzemeltetendő légi járművek száma, a közöttük levő kommunikációs kapcsolat módszere,
- a légi járművet és a kiszolgáló infrastruktúra szállítását biztosító platform,
- az üzemeltetési környezettel kapcsolatos követelmények,
- az összes súlyponthoz tartozó repülési helyzet, és azok hatása a repülésre és a kiszolgáló környezetre vonatkozóan.

A fejlesztő munkacsoport a légi jármű típustanúsítását a Honvédelmi Minisztérium Állami Légügyi Főosztálynál (továbbiakban tanúsító szervezet) kezdeményezte, amely folyamat a fejlesztés jelen szakaszában is tart. Az eljárás lényege, hogy a tanúsító szervezet a NATO STANDARD AEP-83-as szabvány pontjainak megvalósulását egy egy logikailag előre meghatározott igazolási módszer szerint tevékenesen vizsgálja.

A 20. ábrán látható ún. MOC- (Means of Compliance – megfeleléségi eszközök) struktúra határozza meg, hogy az adott jogszabályi előírási pont megfelelése, miként kerül igazolásra. Az ábrán nemzetközi angol szakkifejezéseket tüntettük fel, amelyek értelmében strukturális keretekbe foglalva meghatározuk az alábbiakat:

- Requirement: az alkalmazásra kerülő tanúsítási követelményrendszer;
- Compliance reference & Section/Title: a tanúsítási követelményrendszer adott vonatkozó pontja, annak címe;
- MCC (Means of Compliance Codes – MOC kódok): a kódok azt jelölik, hogy az adott vonatkozó tanúsítási pont milyen módon, miként kerül igazolásra. A kód lehet:
  - o N – az adott pont nem vonatkozik,
  - o 0 – az adott pont vonatkozik és figyelembe kell venni,
  - o 1 – az adott pont megfelelése egy tervezői jelentéssel kerül bizonyításra,
  - o 2 – az adott pont megfelelése számítás, analízissel kerül bizonyításra,
  - o 3 – az adott pontra vonatkozik egy biztonsági értékelés, kockázatelemzés,
  - o 4 – az adott pont megfelelése laboratóriumi vizsgálattal kerül bizonyításra,
  - o 5 – az adott pont megfelelése földi mechanikai vizsgálattal kerül bizonyításra,

- o 6 – az adott pont megfelelése légi berepülési teszttel kerül bizonyításra,
- o 7 – az adott pont megfelelése igazolásához a tanúsító szervezet jelentése is szükséges, nem elegendő azt papír és/vagy egyéb elektronikus dokumentum alapján utólag bizonyítani (ilyen lehet például egy szilárdsági törő- vagy légi berepülési teszt),
- o 8 – az adott pont megfelelése igazolásához szimulációs környezetet kell létrehozni,
- o 9 – az adott pont megfelelése egy olyan berendezést vagy rendszert ír le, amely jelentősen meghatározza a megbízhatóságot, így arra vonatkozóan független üzemképességi nyilatkozat csatolása is szükséges,
- Compliance Method/Attached Compliance Reference Documents: az adott vonatkozó tanúsítási pont megfelelését bizonyító okirat, dokumentum száma, neve, hivatkozása stb.,
- Level of Involvement: a tanúsító szervezet érintettségi szintje, amely alapján az adott tanúsítási pont megfelelése feldolgozásával:
  - o N – nincsen teendője,
  - o R – a jelentkezőnek az adott dokumentumot be kell nyújtania,
  - o I – az üzemképességet le kell ellenőrizze,
  - o D – a tanúsító szervezet meghívást kap, hogy jelenlétével egyidejűleg kerüljön igazolásra a megfelelés,
  - o P/W – a tanúsítószervezet és a jelentkező együttesen végez adott tesztet,

Compliance Report: az adott pontra vonatkozó megfeleléségi jelentést a jelentkező lezárta, Azt a tanúsító jóvá is hagyta.

A fejlesztési folyamat eddig elvégzett és már lezárt munkaszakaszai közül több is az előbb bemutatott struktúra részei. Megemlítenők például az alkalmazott anyagszerkezetek, és a repülések megkezdését megelőzően a tanúsító szervezettel közösen lefolytatott földi szilárdsági-mechanikai és rendszertesztet.

### ALKALMAZOTT ANYAGSZERKEZETEK, ÉS VIZSGÁLATUK A LÉGI ALKALMASSÁGI ELŐÍRÁSOK ALAPJÁN

A repülőgép sárkányszerkezete szálal erősítésű, kompozit alapanyagokból épül fel, amelyekre vonatkozó biztonsági normatívák követelményeit szintén az AEP-83 NATO-szabvány előírásrendszere határozza meg. [5] Ehhez szorosan kapcsolódnak az alkalmazandó statikus és kifáradási értékhatárokhoz köthető biztonsági tényezők, amelyek a biztos fellépő és határtörő terhelések közötti korrelációs együtthatók. A fent említett értékek és szabályozók alapján meghatározzák a sárkányszerkezet kialakítását, annak terhelhetőségét és biztonsági tartalmát. Az alkalmazott szerkezeti anyagok tehát elegendő biztonsági tartalommal kell, hogy rendelkezzenek, amelyek tekintetében a következő feltételeknek kell teljesülnie:

- a konstrukciót úgy kell kialakítani, hogy a szerkezet maximális terhelése esetén, abban a terelés, deformáció,



maradandó alakváltozás ne jöhessen létre, az anyagszerkezet ezen állapotában fellépő terhelést biztos maximum limit üzemi állapotnak, vagy üzemi szélső terhelésnek nevezzük;

- a konstrukciónak a biztos maximum limit üzemi állapothoz képest kellő szilárdsági tartalékkal kell rendelkeznie, amit határ- és/vagy törőterhelési állapotnak nevezünk;
- a szerkezeten belül számos olyan megoldás alkalmazható, amely vonatkozásában a törőterhelési állapothoz tartozó alap biztonsági tényező nagyságát további korrelációs együtthatókkal kell növelni, mint például illesztések, bekötési csomópontok, csapágyak. Ezekkel összefüggésben előfordulnak igen magas (az iparági gyakorlattal ellentétes) 4,45-szeres és 6,67-szeres biztonsági tényezők is.

További speciális követelmények érvényesek a szálerősítéses kompozit szerkezeti anyagokra. [6] Tekintettel arra, hogy ezen anyagszerkezetek legtöbbje nem homogén szerkezeti egységet eredményez, a heterogén felépítésből eredően bizonyos terhelési irányokban más anyagi viselkedést mutat a terhelt elem. Ez a hatás, továbbá a folyamatos gyártástechnológiából eredő, a heterogén egység eredményezte szórások követelik meg ezen anyagok mélyebb mechanikai vizsgálatát. A kompozitokra vonatkozóan kiegészítő vizsgálatokat írnak elő, ha az üzemeltetési körülmények széles határokon belül változhatnak, például száraz vagy nedves környezetekben zajlanak hirtelen állapotváltozások, ezt a két esetet egymástól el kell különíteni. Szintén a biztonsági tényező nagyságának növelésével jár a szerkezetre vonatkoztatott olyan gyártási környezet, ahol a folyamatos minőségbiztosítás monitorozása nem, vagy csak részlegesen megoldott. A gyártási környezet bizonytalanságát eredményezheti, ha nincsen kellő számú mintavételezés, vagy nem ismert mátrixfázis-keverési arány léphet fel, nem kellően tiszta környezetben történik a gyártás stb. Ezen hatásokat együttvéve a határ- és/vagy törőterhelésre érvényes biztonsági tartalék nagysága kompozitok esetében akár 2,25-szeres értékű is lehet, amely már a szükséges beépítendő tömeg tekintetében jelentős anyagfölbbletet eredményezhet.

A fent leírtakból látható, hogy a szerkezeti anyagok teherhordó képességeinek szélső érték megismerése, továbbá az alkalmazásra kerülő gyártástechnológia alapos kidolgozása a szerkezet üres tömegét alapvetően határozza meg. Ha egy szerkezeti teherhordó egységet vizsgálunk, amelynek tegyük fel  $F = 1000$  N biztos szélső üzemi maximális erőhatást kell elviselnie, akkor nem mindegy, hogy a biztonsági korrelációs faktor egy kompozit szerkezeti elem esetén 1,25 és 2,25 nagyság között miként alakul, hiszen az alkatrész mechanikai méretezésének alapja a biztonsági faktorról növelt erő nagysága. A nagyobb szilárdsági tartalék biztosítására általában három lehetőség áll a konstrukciónak rendelkezésére:

- nagyobb teherbírási anyag alkalmazása, amely növeli a termék árát,
- a teherhordó keresztmetszet, kvázi a tartó inerciaviszonyainak növelése, amely az öntömeg növekedését eredményezi, a hasznos terhelhetőség rovására,
- a konstrukció kialakítása úgy, hogy az adott egység teherhordásába más, vele kényszerkapcsolatban álló elem is bevonásra kerül, amelynek legfőbb hátránya, hogy a hosszú távú kifáradási határértéket csökkenti.

A fejlesztő munkacsoport a tanúsítási követelmények és a kompozitokra vonatkozó ipari normatívák alapján végezte el az anyagszerkezetek mechanikai jellemzőinek vizsgálatát. A laboratóriumi tesztek során kismintákon vizsgáltuk

az anyagi viselkedéseket. Az anyagvizsgálatokat az FAA<sup>3</sup> ajánlása alapján, a DOT/FAA/AR-03/19 [6] repülőipari tanúsításokhoz készített, alapjában az ASTM<sup>4</sup> nemzetközi szabványügyi szervezet által a kompozit anyagokra vonatkozó előírás javaslatára alapján végeztük az alábbiak szerint:

- kompozit laminátum mechanikai jellemzőinek megismerése szakítópróbával ASTM D 3039 szerint,
- kompozit laminátum mechanikai jellemzők megismerése nyomóvizsgálat során az ASTM D 3410 szerint,
- kompozit laminátum mechanikai jellemzők megismerése hajlítóvizsgálat során az ASTM D 7264 szerint,
- kompozit laminátum mechanikai jellemzők megismerése nyíróvizsgálat során az ASTM D 5379 szerint,
- anyaghibát tartalmazó kompozit laminátum mechanikai jellemzőinek megismerése húzó igénybevétel elcsúszási károsodási vizsgálat során az ASTM D 5766 szerint,
- kompozit laminátumok összekötését (ragasztását) biztosító átlapoltszerű ragasztás mechanikai jellemzőinek megismerése az ASTM D 5868 szerint, húzó vizsgálatl,
- kompozit laminátumok összekötését (ragasztását) biztosító átlapoltszerű ragasztás mechanikai jellemzőinek megismerése az ASTM D 1876 szerint, lefejtő vizsgálatl.

Tekintettel arra, hogy az anyagi viselkedés orientáció (szárirány) függő, így több terhelési irány kombinációra és széles hőmérsékleti tartományban végeztük az elemzéseket, amelyek következtében összesen 960 db mintatestet kellett vizsgálnunk. Az anyagvizsgálatokkal párhuzamosan a gyártástechnológia minőségbiztosítási adaptációját is elvégeztük, az összes leggyártott kisminta elkészítési folyamatát dokumentáltuk. A kisminták gyártási módszere teljesen megegyezik a repülőgépszerkezetek gyártásával, hiszen egyvalens folyamatokat alkottunk meg az alábbiak tekintetében:

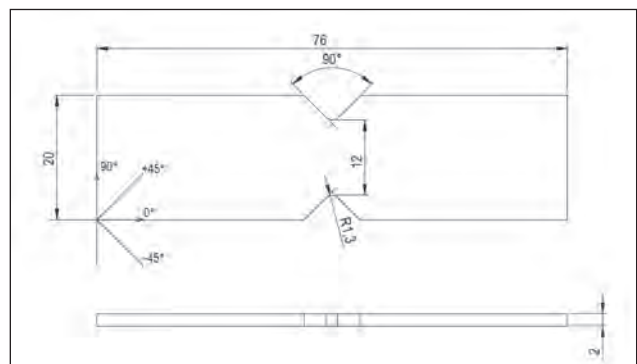
- standardizált felhasznált alapanyagok,
- standardizált mátrixfázis kompozit rendszer,
- standardizált ragasztó és ragasztási illesztések,
- standardizált gyártói infrastruktúra környezete.

A 21. ábrán egy kompozit laminátum mechanikai jellemzőinek megismerésére szolgáló, nyíróvizsgálatra elkészített kisminta műszaki rajza látható.

A 22. ábra egy olyan gyártásban alkalmazott technológiai lapot mutat be, amelyen az alkatrész elkészítésének folyamatát dokumentálják. A standardizált környezetben készülő egység alapja a kismintákon kikísérletezett gyártási folyamat, amely alapján meghatározzák:

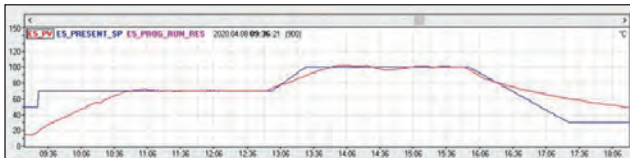
- a technológiai rétegstruktúrákat,
- az orientációkat és a beépíthetőségeket,
- a környezeti peremfeltételeket,
- a felhasználásra kerülő alapanyagok kódjait és azonosítóit,

21. ábra. Kompozit laminátum nyíróvizsgálat mintatesten (Dr. Farkas Csaba szerkesztése)



Genevation Aircraft Kft H-6078 Jakabszállás II. Körzet 11. Sportrepülőtér		Kompozit elem gyártási lap / Composite part production sheet		GENEVATION				
Kompozit elem gyártási lap / Composite part production sheet				Elem:	Törzs felső héj bal	Repülőgép típus:	Kóborló célmegjelölő	
				ATA:	Koborlo_53_40_10_02	Repülőgép Sn:		
				Part Nr.:	Koborlo_SN05_53_40_10_02	Doc numb.:	CPPS-34_KBL_SN05	
Réteg Nr.	Anyag megnevezés	Orientáció	Pozíció	Munkavégző	Ellenőrző	T (°C) / H (%)	Dátum	Wet lay up nr.
1.	Üveg 160g/m <sup>2</sup>	+/-45°	Téli	[Signature]	[Signature]	T = 21 H = 50	2021.12.01	202110 76-C
2.	Üveg 160g/m <sup>2</sup>	+/-45°	Téli	[Signature]	[Signature]	T = 21 H = 50	2021.12.01	202110 76-C
3.	Szénszál UD 80g/m <sup>2</sup>	0°(UD)	Helyi erősítés	[Signature]	[Signature]	T = 21 H = 30	2021.12.01	201811 26-2
4.	Szénszál 160g/m <sup>2</sup>	0/90°	Helyi erősítés	[Signature]	[Signature]	T = 21 H = 30	2021.12.01	202020 16-9
5.	Szénszál UD 80g/m <sup>2</sup>	0°(UD)	Helyi erősítés	[Signature]	[Signature]	T = 21 H = 30	2021.12.01	201811 26-2
6.	Szénszál 160g/m <sup>2</sup>	0/90°	Helyi erősítés	[Signature]	[Signature]	T = 21 H = 30	2021.12.01	202020 16-9
7.	Szénszál UD 80g/m <sup>2</sup>	0°(UD)	Helyi erősítés	[Signature]	[Signature]	T = 21 H = 50	2021.12.01	201811 26-2
8.	Üveg 90g/m <sup>2</sup>	0/90°	Helyi erősítés	[Signature]	[Signature]	T = 21 H = 50	2021.12.01	202020 16-1 DEC
9.	Üveg 90g/m <sup>2</sup>	+/-45°	Helyi erősítés	[Signature]	[Signature]	T = 21 H = 50	2021.12.01	202020 16-1 DEC
10.	Üveg 90g/m <sup>2</sup>	0/90°	Helyi erősítés	[Signature]	[Signature]	T = 21 H = 30	2021.12.01	202020 16-1 DEC
11.	Szénszál 160g/m <sup>2</sup>	+/-45°	Helyi erősítés	[Signature]	[Signature]	T = 21 H = 50	2021.12.01	202020 16-9
12/1	Herex I=1.5mm		Helyi erősítés	[Signature]	[Signature]	T = 21 H = 50	2021.12.01	202020 35-A 3
12/2	Herex I=1.5mm		Helyi erősítés	[Signature]	[Signature]	T = 21 H = 50	2021.12.01	202020 25-1 3
13.	Üveg 160g/m <sup>2</sup>	+/-45°	Téli	[Signature]	[Signature]	T = 21 H = 50	2021.12.01	202110 76-C

22. ábra. Gyártáskísérő controllinglap minta (A Genevation Kft. saját dokumentuma)



23. ábra. Hőkezelési görbe. A vonaldiagram x tengelye: idő, az y tengely: hőmérséklet [°C] (Dr. Farkas Csaba szerkesztése)

- a munkavégzőket és a controlling személyeket,
- az azonosító kódokat és
- a gyártási dátumokat.

A 23. ábrán látható egy, a minősített gyártói környezetből származó alkatrész hőkezelési ciklusdiagramja. Ahogyan a kísérleti bevizsgált kisminták készültek, ugyanúgy készülnek a repülőgépekbe beépítendő elemek is.

A 24. ábra átlapolt, ragasztott laminátumok kötését szemlélteti, míg a 25. ábra egy lefejtő vizsgálatra előkészített kismintát mutat.

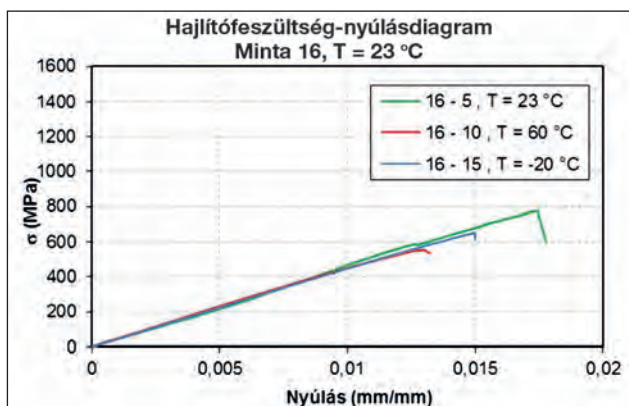
24. ábra. Átlapolt laminátumok vizsgálati mintatestje (Fotó: Dr. Farkas Csaba)



25. ábra. Lefejtő vizsgálatra előkészített laminátumok vizsgálati mintatestje (Fotó: Dr. Farkas Csaba)







26. ábra. Karbon CW-95 laminátum mintatestek hőmérsékletfüggő hajlítófeszültség-nyúlásdiagramja (Dr. Farkas Csaba szerkesztése)

Az anyagvizsgálatok eredménye – valamennyi mechanikai anyagi jellemző – a feszültségnyúlás diagramok (lásd példaként a 26. ábrát, amely egy hárompontos hajlítóvizsgálat eredményeit mutatja be), és a hőmérséklet-páratartalom függvényében változó szilárdsági adatok megismerése az egyes laminátumok esetében:

- szálirányfüggő rugalmassági modulusok kimérése,
- szálirányfüggő szakítószilárdságok nagysága,

- szálirányfüggő nyomószilárdságok nagysága,
- hajlítószilárdság nagysága,
- terhelési irány függvényében kapott Poisson-féle szám<sup>5</sup>,
- nyíró rugalmassági modulusok kimérése,
- különféle nyíró és csúsztató feszültségek nagysága.

A kapott adatok eredményeként vált lehetségessé a légi jármű teljes sárkányszerkezetének szilárdsági méretezése, és a virtuális számítógépes CAD<sup>6</sup>-munkakörnyezetben a FEM<sup>7</sup>-számítások elvégzése.

**A LÉGI JÁRMŰ FÖLDI TERHELÉSPRÓBÁJA, A SZILÁRDSÁGI BEVIZSGÁLÁS PROGRAMJA A LÉGI ALKALMASSÁGI ELŐÍRÁSOK ALAPJÁN**

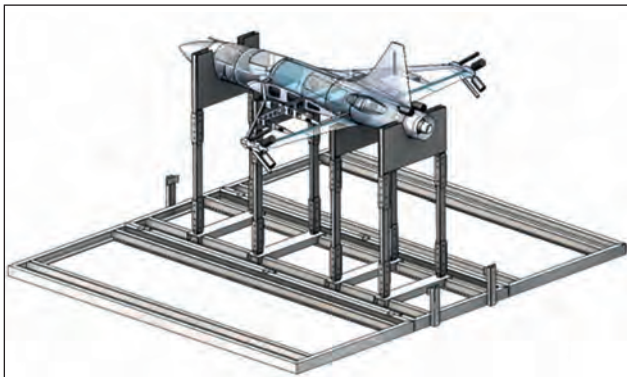
A berepülések megkezdését megelőzően, a légi alkalmasági előírás értelmében el kellett végezni a szerkezet kollektív szilárdsági bevizsgálását. Ez a folyamat a felhasználásra kerülő anyagszerkezetek mechanikai tulajdonságainak megismerése mellett, szintén az egyik legjelentősebb állomása volt a fejlesztésnek.

A vizsgálatok során két terhelési esetet különböztettünk meg, amelyeket a már az előzőekben bemutatunk; egyfelől, a repülőüzem során fellépő biztos terhelési maximumok limit üzemi állapotait, avagy üzemi szélső terheléseket, másfelől pedig a maximum limit terhelési üzemi állapothoz képest megnövelt határ és/vagy törőterhelési állapotban

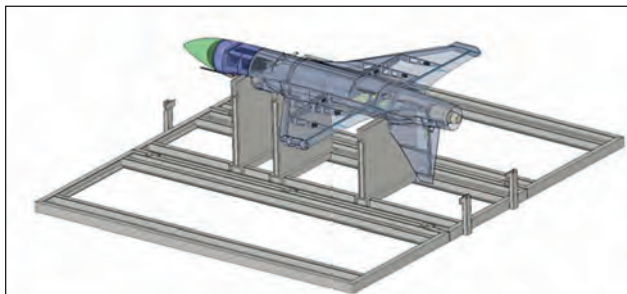
1. táblázat. Protar légi jármű szilárdsági bevizsgálása. Terhelési esetek és értékek (Dr. Farkas Csaba szerkesztése)

Fsz.	Terhelési vizsgálat	Limit eset	Ultimate eset	Megjegyzés
1.	Szárnyhajlítás/ -nyírás [N]	3160	3950	Ezzel együtt a törzs is vizsgálva
2.	Szárnycsavarás [Nm]	591	735	
3.	Szárnyellenállás [N]	340	430	
4.	Függőleges farokfelület-csavarás [N]	202	253	Ezzel együtt a törzs is vizsgálva
5.	Visszatérítő ejtőernyőnyitás hatása a törzstre [N]	650	935	Összes, együttes erő nagysága, bekötési pontonként az érték harmada
6.	Akkumulátortartó panel terhelési vizsgálata [N]	137	172	„Single peace” load
7.	Avionika tartó panel terhelési vizsgálata [N]	69	86	„Single peace” load
8.	ECU modul tartó panel terhelési vizsgálata [N]	69	86	„Single peace” load
9.	Luneberg-lencsetartó panel terhelési vizsgálata [N]	206	258	„Single peace” load
10.	Ejtőernyő-konténer terhelési vizsgálata [N]	206	258	„Single peace” load
11.	Hajtóműbekötés vertikális lefelé terhelés vizsgálata	206	258	
12.	Hajtóműbekötés tolóerő előre terhelés vizsgálata [N]	230	290	
13.	Szárnyvég füstgenerátor rögzítéseinek terhelési vizsgálata [N]	70	90	„Single peace” load
14.	Törzsvég füstgenerátor rögzítéseinek terhelési vizsgálata [N]	17	22	„Single peace” load
15.	Katapult első befogókar terhelési vizsgálata [N]	3536	4420	
16.	Kormánylapok terhelési vizsgálata [N]	csúró: 75	csúró: 75	
		magassági: 115	magassági: 145	
17.	Ejtési teszt [m]	1,3	nincs adat	Becsapódáshatás elemzése





27. ábra. A Protar légi jármű szilárdsági bevizsgálása szárnycsavarás szimulációhoz készült munkapadon (Dr. Farkas Csaba szerkesztése)



28. ábra. A Protar légi jármű szilárdsági bevizsgálása szárnyhajtás szimulációhoz készült munkapadon (Dr. Farkas Csaba szerkesztése)

29. ábra. Részlet a Protar szilárdsági bevizsgálási program dokumentációjából (Dr. Farkas Csaba szerkesztése)

9. Függőleges farokfelület csavarás vizsgálata (Nr-4 eset)

A függőleges farokfelület, önálló szerkezeti egység, azon oldalkormány nem található, így lapkitérésből származó erővel nem kell számolni.

A felületen, mint oldalero és mint a túlterhelés növekményből származó aerodinamikai hatás két hatást, ebből is a túlterhelés növekmény okozta hatás a kritikus, ami az alábbiak szerint számítható:

$$F_N = K \cdot \Delta n_1 \cdot \frac{G \cdot A_{N1}}{A_{N2}} \quad (e.9.1)$$

Az (e.9.1) egyenletben a tényezők az alábbiak:

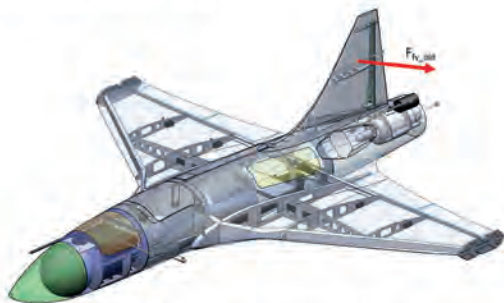
- $K = 0,5$  – kitérés faktor, jelen esetben  $0^\circ$  így értéke  $0,5$ ,
- $\Delta n_1 = 6$  – túlterhelés növekmény, kritikus esetben  $1g$ -ről  $7g$ -re történő ugrás,
- $G = 589 \text{ N}$ ,
- $A_{N1} = 0,2 \text{ m}^2$ ,
- $A_{N2} = 1,75 \text{ m}^2$ ,

Ezeket felhasználva a következőhöz jutunk:

$$F_N = 0,5 \cdot 6 \cdot \frac{589 \cdot 0,2}{1,75} = 202 \text{ N} \quad (e.9.1)$$

A terhelépróba során a függőleges felület középvonala mentén kell a számított erőnek megfelelő oldalra húzó hatást alkalmazni, az alábbiak szerint:

- limit terhelés esetén  $21 \text{ kg} / 202 \text{ N}$ ,
- ultimate terhelés esetén  $26 \text{ kg} / 253 \text{ N}$



9.1. ábra: függőleges vezérsík oldalero hatásának vizsgálata

fellépő erőhatásokat, az ún. ultimate állapotokat. A szilárdsági számításokból összesen 17 terhelési esetet határoztunk meg, amelyre egy speciális földi szilárdsági bevizsgálási programot is megalkottunk. Az 1. táblázatban a Protar szilárdsági terhelésvizsgálatának bemeneti terhelőerő értékeit, és az egyes vizsgálati eseteket foglaltuk össze.

Az összes vizsgálatról archivált videó- és fotófelvételek állnak rendelkezésre, továbbá a tanúsítási folyamat dokumentálására a tesztek jegyzőkönyvezésére is sor került.

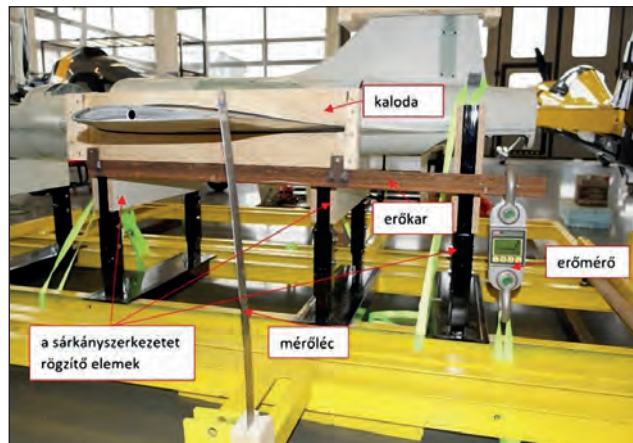
A terhelési próbák előkészítése gondos mérnöki tervezői munka eredménye, azok lefolytatáshoz számos mérnöki számítás készült el, továbbá a legtöbb esetben individuális, speciális megfogó, és rögzítő támaszrendszert kellett készíteni. Egy elkészült terhelési állomást mutatnak be a 27. és 28. ábrákon látható, CAD tervezői munkakörnyezetben készült konstrukciók. A 29. ábrán a földi szilárdsági bevizsgálási program dokumentációjából egy mérnöki számítás tesztfolyamatának tervezése látható.

A vizsgálatok megtervezése 3 hónap mérnöki előkészítő munkát igényelt, a gyakorlati megvalósításhoz szükséges fizikai kivitelezés időtartama 1 hónap volt, a program lefolytatása 2 hetet vett igénybe. A Protar sárkányszerkezete mind a 17 vizsgálat során megfelelőnek bizonyult, több esetben – a törő terhelési kritériumokhoz képest is – 15–20%-os szilárdsági tartalékkal. Ez a fejlesztőcsoport számára azért volt örömteli hír, mert lehetőséget láttnak bizonyos szerkezeti elemek tömegének csökkentésére. A 30–35. ábrákon néhány, terhelési vizsgálatról készült fotót mutatunk be.

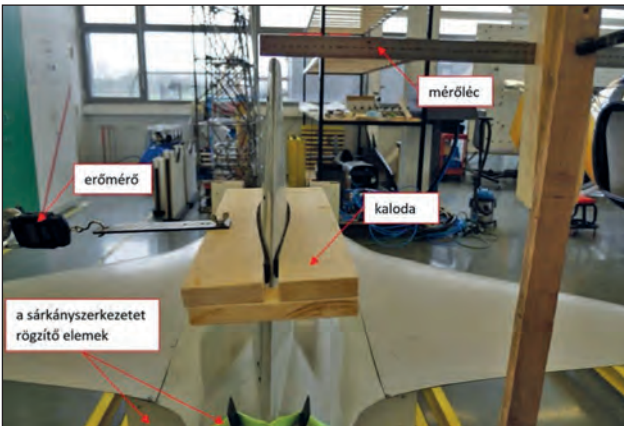


30. ábra. A Protar szárnyhajtás szilárdsági vizsgálata (Fotó: Dr. Farkas Csaba)

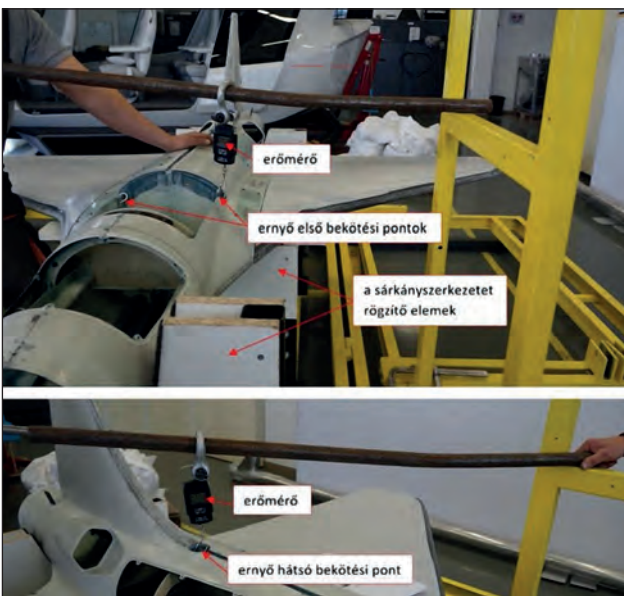
31. ábra. A Protar szárnycsavarás szilárdsági vizsgálata (Dr. Farkas Csaba felvétele és szerkesztése)







32. ábra. A Protar függőleges farokfelületének szilárdsági vizsgálata (Dr. Farkas Csaba felvétele és szerkesztése)



33. ábra. A Protar visszatérítő ernyő bekötési pontjainak szilárdsági vizsgálata (Dr. Farkas Csaba felvételei és szerkesztése)



34. ábra. Protar-katapult. Az indítóberendezés bekötési pontjainak szilárdsági vizsgálata (Dr. Farkas Csaba felvétele és szerkesztése)

### A REPÜLÉSEK MEGKEZDÉSE ELŐTTI SPECIÁLIS RENDSZERTESZTEK

Ahhoz, hogy a Protar légi jármű valós körülmények közötti tesztelése elkezdődhessen, a vezérlő- és szabályzórendszerének számos labor- és repüléssel egybekötött komponenstesztjét kellett elvégezni. A fejlesztőknek több szempontból meg kellett győződniük a rendszereszközök kifogástalan működéséről, a redundanciát biztosító elemek üzemszerűségéről. A légi jármű beépülő rendszereszközei, alrend-



35. ábra. A Protar dinamikus ütközésvizsgálata ejtési teszttel (Fotó: Dr. Farkas Csaba)

szerei az alábbi fő csoportokba sorolhatók: fedélzeti vezérlés, fedélzeti tápellátás, hajtómű, kommunikációs rendszer, kormányozgató berendezés, leszállító berendezés, amelyek kifogástalan működése a repülésbiztonság alapvető feltétele. [7] A fejlesztés során a mérnököknek meg kellett arról győződniük, hogy a létrehozott, vagy integrálásra tervezett komponensek megbízhatóan működnek, és szélsőséges körülmények között is képesek az elvárt paraméterek teljesítésére. A validációs analíziseket ezért több lépésben, különböző eljárások alapján végezték el. Ezek közül a legérdekesebb a két releváns komponens, az avionikamodul és a leszállító berendezés. Az avionikai rendszer magában foglalja a fedélzeti tápellátás, a kommunikáció, a navigáció és a hasznos terhelés (payload) vezérlésének elektronikai és szoftverkomponenseit. Az avionika tervezésénél és fejlesztésénél irányelv a korábbi üzemeltetési és fejlesztési tapasztalatok nagyarányú alkalmazása volt. A Protar légi jármű repülésének vezérlését, az egyes érzékelők és beavatkozó egységek (szervo, hajtómű, payload-vezérlő stb.) összehangolását a fedélzeti avionikai rendszer végzi. Az avionikamodul (36. ábra) validációja laboratóriumi körülmények között, elektronikus és szoftveres tesztkörnyezetben kezdődött, ahol többkörös analízist követően érte el azt a készütségi szintet, amikor a fejlesztés vezetője a valós körülmények közötti vizsgálat megkezdését jóváhagyta. A „valós körülmények közötti tesztek” meghatározás alatt azon repülési tesztekkel kell érteni, amelyek során a szakemberek az egyre komplexebb vizsgálatokat a fokozatosság elvét betartva, folyamatosan „építkezve”, minimális kockázatvállalással végezték el. A tesztek során nagy jelentőséggel bírt az eredmények dokumentálása, és azok kiértékelése. A fedélzeti adatgyűjtő rendszer alkalmazásának köszönhetően a tesztek eredményeit nagy felbontással tudtuk dokumentálni.

36. ábra. A Protar avionikamodulja (Fotó: Nagy Attila)





37. ábra. Avionikamodul tesztelése hangépben  
(Fotó: Nagy Attila)



38. ábra. Gázturbinamodul vizsgálata SebArt Mini Avanti repülőgépben (Fotó: Nagy Attila)

A repülések végrehajtása habrepülőgépek alkalmazásával kezdődött, amelyek kis tömegűek, olcsók, könnyen javíthatók, és sérülés vagy zuhanás következtében sem tudnak jelentős kárt okozni. Hátrányuk, hogy repülési sebességük jelentősen elmarad a Protar légi jármű üzemi sebességétől, és a légi járműtest anyaga miatt a gázturbinás hajtómű alkalmazását is ki kellett zárni. Az elektromotoros hajtással rendelkező habrepülőkön az avionikamodul

funkcióinak 70%-át állt módunkban tesztelni, manuális, valamint automata üzemmódokban. A tesztek eltérő helyszíneken, különböző napszakokban és más személyzettel hajtottuk végre annak érdekében, hogy az eredmények átfogó és kimerítő képet adjanak a rendszer aktuális állapotáról.

A repülési tesztek második fázisának lebonyolításához egy SebArt Mini Avanti S balza-kompozit RC (Radio Controlled – rádióvezérlésű) repülőmodellet választottunk, ahol a gázturbina alkalmazásának lehetősége már nagyobb repülési sebességtartományban is értékes adatokat szolgáltatott. A gázturbinás repülőmodellel az avionikamodul, és azzal együtt a robotpilóta funkciók közel 90%-át sikerült valós repülési körülmények között validálni, kaput nyitva ezzel a pilóta nélküli rendszer komplex vizsgálatainak későbbi fázisára.

(Folytatjuk)

#### HIVATKOZOTT IRODALOM

- [5] NATO Standard AEP-83 LIGHT UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS AIRWORTHINESS REQUIREMENTS Edition A Version 1 Ratification Draft 1 2014, [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/391827/20140916-STANAG-4703\\_AEP-83\\_A\\_\\_1\\_.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/391827/20140916-STANAG-4703_AEP-83_A__1_.pdf) (Letöltve: 2022.5.15.);
- [6] John S. Tomblin, Yeow C. Ng, and K. Suresh Raju, *Material Qualification and Equivalency for Polymer Matrix Composite Material Systems: Updated Procedure*, DOT/FAA/AR-03/19, Office of Aviation Research Washington, D.C. 2003, <http://www.tc.faa.gov/its/worldpac/techrpt/ar03-19.pdf> (Letöltve: 2022.5.15.);
- [7] Cook, Stephen and Loyd Reed Hook. "Developmental Pillars of Increased Autonomy for Aircraft Systems." (2020). <https://doi.org/10.1520/TR2-EB> (Letöltve: 2022.5.15.).

#### JEGYZETEK

- 3 FAA – Federal Aviation Administration – Szövetségi Légiközlekedési Igazgatóság.
- 4 ASTM – American Society for Testing and Materials – Amerikai Társaság a Tesztelésért és Anyagokért [6].
- 5 Poisson-tényező: a szilárd testek mechanikájában használt szám, amely dimenzió nélküli mennyiség, nem jellemzi az anyag rugalmasságát vagy merevségét, csak azt a módot, ahogy alakváltozást szenved. Egyirányú feszültségi állapotnál a keresztirányú alakváltozás és a hosszirányú alakváltozás viszonya. A tényező elnevezése Siméon Denis Poisson (Pithiviers, 1781. június 21. – Párizs, 1842. április 25.) francia matematikus, fizikus, statisztikus nevéből származik. (A szerk.)
- 6 CAD: Computer-aided design szoftverek, az építő-, építész- és gépészmérnökök alapvető tervezőeszközei. A CAD-programok a 2D (síkbeli) vektorgrafika alkalmazásán rajzoló rendszerektől a 3D (térbeli) parametrikus felület- és szilárdtest modellező rendszerekig a megoldások széles skáláját kínálják. (A szerk.)
- 7 FEM: Finite Element Method a jelenleg legmodernebbnek tekintett eljárások a végeselem módszer (VEM) segítségével írják le a szerkezetek mechanikai viselkedését, amely lényegében egy numerikus módszer, parciális differenciálegyenletek közelítő megoldására. (A szerk.)

## HADITECHNIKA FOLYÓIRAT

A *Haditechnika* folyóirat korábbi számai megvásárolhatók:

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





6. ábra. Egy 1966-ban készült felvétel a budapesti városligeti Közlekedési Múzeumban kiállított Zsélyi monoplán élethű rekonstrukciójáról (Forrás: Fortepan / Magyar Rendőr / 65328)

Druzsín József\*

## Zsélyi Aladár repülőgép-konstruktőr, aviatikus **II. rész**

**A**szerző, tanulmánya első részében a hazai repülés kezdeti időszakát, a Blériot budapesti bemutató repülését követő éveket idézte fel, amikor a Rákosmezőn lelkes emberek sokasága fogott hozzá repülési kísérleteihez. Zsélyi Aladár gépészmérnökként vált aviatikussá, és már az első gépe, a Zsélyi I. prototípusa felkeltette a külföldi szakemberek figyelmét. A cikk ismertetette a repülőgépszerkesztő további fejlesztéseit és szakirodalmi munkásságát. A tanulmány második része Zsélyi Aladárt pilótaként mutatja be, és megismerteti az érdeklődőket a magyar repüléstörténet neves alakjának emlékezetével.

### A PILÓTA

Zsélyi Aladár tudományos tevékenysége és a mérnöki számítások alapján végzett repülőgép-építés mellett repült is, saját tervezésű gépeit többnyire ő vezette. Zsélyi tekintélyét növelte, hogy nemcsak elméleti szakember, kutató és konstruktőr, hanem vizsgázott pilóta is volt. Maga szerkesztette gépein többnyire ő maga repült, bár repülőgépeinek építésében és azok berepülésében részt vett a később önálló konstruktőrre váló, ügyes kezű szerelő, Kvasz András<sup>7</sup> kerékpár-mechanikus is. Zsélyi hosszú évekig Rákoson, az 1-es hangárban élt és dolgozott. [10; 77. o.]

Zsélyi első repülőgépe, a Zsélyi I. motorpróbái 1910 februárjában kezdődtek. A zongorahúrokkal merevített, 7 méteres fesztávolságú, 150 kilogramm tömegű, egyfedelű gépet (monoplán) gumírozott vászonnal vonták be. Erőforrásként egy 30 LE-s, francia gyártmányú „Darraque” motort

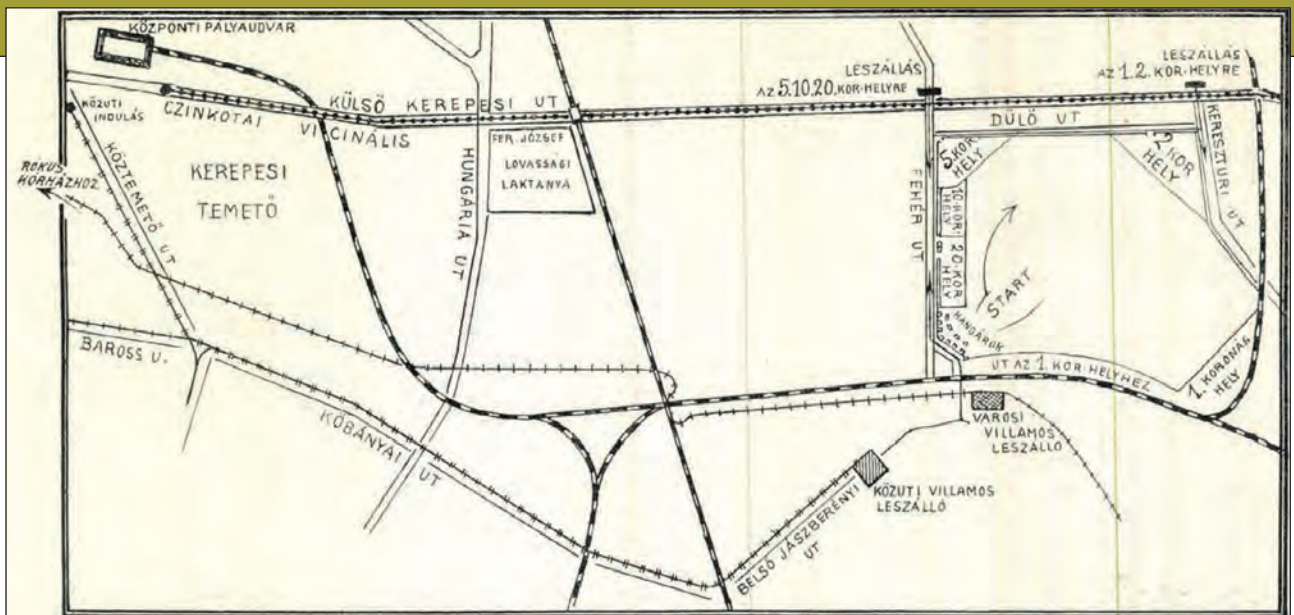
építettek be, amely egy Papp János asztalosmester által gyártott, kéttollú fa légcsavart forgatott. [11] A kis gép először március 15-én emelkedett a levegőbe, de rövidesen megsérült, ezért tervezője Zsélyi II. néven teljesen újjáépítette. A fesztávolságot 1,2 méterrel megnövelte, a törzshosszúságot pedig 6,4 méterre csökkentette. A kormánylapok előtt megjelentek a vezérsíkok, a szárnyvégeken pedig a sérülésektől védő íves csúszók. 1910. május 26-án és 27-én Zsélyi megnyerte a magyar pilóta teljesítményért kitűzött első két versenydíjat (7. ábra), és rövidesen 18 km távolságot repült, amely abban az időben nagyon komoly teljesítménynek számított. Még a fővárosi lapok is tudósítottak eredményeiről. [12] Zsélyi a Magyar Aviatikusok Támogató Országos Bizottság segítségével 1913 márciusától június 16-ig a bécsújhelyi repülőiskolában tanult, ahol sikeres pilótavizsgát tett [10; 30. o.]. Korábban a kereskedelmi miniszter támogatásával és a Magyar Aero Klub javaslatára a párizsi Blériot iskolában folytatott tanulmányokat. [10; 20. o.]

A látási problémákkal küszködő Zsélyi Aladár által vezetett repülőgépekkel gyakran történt baleset, de csak kétszer szenvedett súlyos sérüléseket. Először 1910. június 1-jén zuhant le, valószínűleg a magassági kormányt szabályozó huzal szakadt el, amely során a pilóta kirepült a teljesen összetört gépből, karja kificamodott, és súlyos agyrázkódást szenvedett. [13] A baleset után több mint egy hónapig kórházban ápolták, azonban elhivatottságát és bátorságát jelzi, hogy felépülése után tovább folytatta repülési kísérleteit. Még abban az évben megépítette harmadik gépét, amelyhez állami támogatást is kapott. A Zsélyi III. számos olyan újítást tartalmazott, amely ismét nagy elis-

\* Druzsín József őrnagy, MSc, Haditechnika folyóirat, katonai szerkesztő. ORCID 0000-0002-2971-1805







7. ábra. A repülőverseny helyszíne, a rákosi lovassági gyakorlótér a Vasárnapi Ujság 1910. június 5-i számában [14]



8. ábra. A motor meghibásodása miatt 1914. 04. 15-én lezuhant Zsélyi-repülőgép roncsa [19]

merést aratott szakmai körökben. Ezzel a géppel az akkor általános 90–100 km/h-s sebességgel szemben, már 170 km/h-s csúcsebességet ért el. A próbarepüléseket 1914 áprilisában kezdte meg a rákosmezei gyakorlótéren. Április 15-én a gurulópróbák után sikerrel szállt fel, s látványos repülést mutatott be. A földi személyzet mérése szerint Zsélyi gépe elérte a 170 km-es óránkénti sebességet. A levegőben még minden a legnagyobb rendben ment, de a homokos rákosi talaj nem volt alkalmas az ilyen gyors

9. ábra. Zsélyi Aladár újjáépített repülőgépe a mátyásfüldi Honvéd Repülőgép-javító Műhely [16] épülete előtt, 1965-ben (Forrás: Fortepan / Csermely Károly / 41655)



gépek számára. A landolásnál a laza homok túlságosan „megfogta” a gépet, amely orra bukott. (8. ábra) Zsélyi Aladár kirepült a pilótaüléssből, és nyílt kartörést szenvedett. [10; 78. o.] A látszólag nem súlyos és az orvosok által is veszélytelennek tartott sebesülés azonban végzetesnek bizonyult. Mint lábadozó beteget, a pilótát kiengedték a kórházból, de hamarosan visszakerült. Később derült ki, hogy súlyos tetanuszfertőzést kapott, és több hétig tartó szenvedés után 1914. július 1-jén, 31 éves korában örök álmra hajtotta fejét. [15]

### A KONSTRUKTÓR EMLÉKEZETE

A repülés megindulásának kezdeti évtizedeire nem véletlenül használjuk a *hőskor* jelzőt, hiszen világszerte sok százra tehető azoknak a bátor pilótáknak a száma, akik a kezdeti években a kiforratlan repülési eljárások és kezdetleges repülőeszközök miatt az aviatika áldozataivá váltak. Zsélyi Aladár, a magyar repülés reményteljes alakja is fiatalon

10. ábra. Zsélyi Aladár sirja Csaláron (Fotó: Csáky Károly felvétele)







11. ábra. Utcanév-tábla Mátysföldön (Fotó: Druzsins József)

hunyt el repülőbalesete következtében. A Losonc melletti Csalár község temetőjében, szülei mellett helyezték örök nyugalomra. (10. ábra) A két világháború között jeltelenné vált sírját a losonci sportrepülőter egykori parancsnoka, Miroslav Mihály kutatta fel, s emeltetett fölé a saját költségén sírkövet és emléktáblát. [17] Budapesten társadalmi kezdeményezésre utcát neveztek el Zsélyi Aladáról, amely a XVI. kerületben, a mátyásföldi repülőter közelében emlékezteti az utókort a magyar repülés e zseniális tehetségű úttörőjére. (11. ábra) Zsélyi születési nevének emlékét őrzi a XVII. kerületben, a Helikopter lakóparkban található Koch Aladár utca is. [18]

A mátyásföldi Corvini Domini Egyesület és a Magyar Honvédség összefogásával 1996-ban, az első, közforgalmú repülőter megnyitásának 80. évfordulóján állítottak emlékoszlopot a mátyásföldi ősrépülő emlékének. A szerző kezdeményezésére szervezett centenáriumi ünnepség alkalmával 2017. szeptember 2-án került fel az Újszász utcai ősrépülő-emlékműre a Zsélyi Aladár emlékező márványtábla. (12. ábra)

Civil szervezetek az aviatikus emlékét őrző Ipoly-mente polgáraival összefogva, Zsélyi Aladár halálának 2014-es centenáriumára Bussán, önkormányzati tulajdonú épületben, alig néhány méterre Zsélyi Aladár lakóházától alakították ki az emlékszobát, amely a magyar repüléstörténet kiemelkedő alakjának pályáját mutatja be. A ritka és különleges tárgyakat felvonultató gyűjtemény az elmúlt évek alatt szinte folyamatosan gyarapodott, a repülés hőskorában, a 20. század elején készült gépek modelljei, alkatrészei, a pilóta felszerelésének darabjai és számtalan régi fotó mellett a Zsélyi Aladár által épített első magyar repülőgépek egyikének légszavarját is láthatják az érdeklődők. [17]

Zsélyi életrajzát 10 kérdésből álló, internetes kvíz dolgozza fel a Csemadok honlapján.<sup>8</sup>

A Zsélyi-repülőgépet magyar bélyegen kétszer is megörökítették. 1959-ben (katalógus sorszám: 1654) Vertel József tervezett a „Közlekedési Múzeum” elnevezésű sorozatba 3 forintos névértékben, ofszetnyomással készített forgalmi bélyeget. 32 évvel később, 1991-ben Dudás László tervező asztaláról került forgalomba a „Száz éve repül az ember” című, négy értékes sorozat, amelynek 30 forintos záróértéke (katalógus sorszám: 4104) a Zsélyi I. monoplánt ábrázolja. (13. ábra)



12. ábra. Az ősrépülő emlékműve Mátysföldön, a repülőter egykori bejáratánál (Fotó: Druzsins József)



13. ábra. A Közlekedési Múzeum című bélyegsorozatban (balra) és a Száz éve repül az ember című sorozatban (jobbra) is ábrázolták Zsélyi Aladár repülőgépét (A szerző felvételei saját gyűjteményéből)

#### HIVATKOZOTT IRODALOM

- [10] Dalia László, *Repülő emberek* (Budapest, Sportpropaganda Vállalat 1987), ISBN 963754383X;
- [11] Zsélyi Aladár monoplánja, *Nemzeti Sport* 8. évfolyam 12. szám - 1910. március 19. [https://adt.arcanum.com/hu/view/NemzetiSport\\_1910\\_1/?query=Zs%C3%A9lyi%20alad%C3%A1r&pg=243&layout=s](https://adt.arcanum.com/hu/view/NemzetiSport_1910_1/?query=Zs%C3%A9lyi%20alad%C3%A1r&pg=243&layout=s) (Letöltés:2021.6.30.);
- [12] Hírek a budapesti repülőteréről, *Nemzeti Sport* 8. évfolyam 19. szám - 1910. május 7. [https://adt.arcanum.com/hu/view/NemzetiSport\\_1910\\_1/?query=Zs%C3%A9lyi%20alad%C3%A1r&pg=243&layout=s](https://adt.arcanum.com/hu/view/NemzetiSport_1910_1/?query=Zs%C3%A9lyi%20alad%C3%A1r&pg=243&layout=s) (Letöltve:2021.6.30.);
- [13] Hírek a budapesti repülőteréről, *Nemzeti Sport* 8. évfolyam 23. szám - 1910. június 4. [https://adt.arcanum.com/hu/view/NemzetiSport\\_1910\\_1/?query=Zs%C3%A9lyi%20alad%C3%A1r&pg=243&layout=s](https://adt.arcanum.com/hu/view/NemzetiSport_1910_1/?query=Zs%C3%A9lyi%20alad%C3%A1r&pg=243&layout=s) (Letöltve:2021.6.30.);
- [14] A repülőverseny helyszíne a Vasárnapi Ujság 1910. június 5-i számában [https://pestbuda.hu/cikk/20200610\\_az\\_elso\\_repuloverseny\\_budapesten\\_rakosmezore\\_varta\\_a\\_magyar\\_fovaras\\_europa\\_pilotait](https://pestbuda.hu/cikk/20200610_az_elso_repuloverseny_budapesten_rakosmezore_varta_a_magyar_fovaras_europa_pilotait) (Letöltve:2021.6.30.);
- [15] Földesi László, Zsélyi Aladár <http://www.aeronews.hu/index.php/aerohistory/repuelo-magyarok/172-zseli-aladar-1883-1914> (Letöltve:2021.6.30.);
- [16] Druzsins József: A 100 éves Mátysföldi repülőter katonai, repülés- és gyártástörténeti, valamint katonai logisztikai emlékei Druzsins József elektronikus magánkiadása Kistarcsa, 2020. ISBN 978-615-00-7922-6 pp. 43–44. <https://mek.oszk.hu/20400/20461>;
- [17] Csáky Károly: Emlékhelyek, emléktáblák tájainkon V. – Zsélyi Aladár emlékek Bussán és Csalárban 2016.02.03 <https://felvidek.ma/2016/02/emlekhelyek-emlektablak-tajainkon-v-zseli-aladar-emlekek-bussan-es-csalarban/> (Letöltve:2020.5.11.);
- [18] KFKI: Tudósnapár <https://tudosnapar.kfki.hu/historia/egyen.php?nanev=zseli> (Letöltve:2020.4.1.);
- [19] Forrás: [http://dka.oszk.hu/081000/081091/501\\_620\\_pix\\_Oldal\\_03\\_kep\\_0002\\_nagykep.jpg](http://dka.oszk.hu/081000/081091/501_620_pix_Oldal_03_kep_0002_nagykep.jpg) (Letöltés: 2022.4.20.).

#### JEGYZETEK

- 7 Kvasz András (Békéscsaba, 1883. november 21. – Budapest, 1974. január 27.) pilóta, repülőgép-szerelő, a magyar aviatika úttörője.
- 8 Szlovákiai Magyar Művelődési Intézet – Dunaszerdahely. Zsélyi Aladáról, Felvidék szülőteréről, a magyar aviatika úttörőjéről. (2015. augusztus 28.) <https://csemadok.sk/kviz/zseli-aladarral-felvidek-szuloterol-a-magyar-aviatika-uttorojerol/>.

## CONTENTS

## STUDIES

The artificial intelligence and the armed forces – The fields of artificial intelligence, Part 4	2
Russia's A2/AD abilities, Part 1 <i>The non-existing „bubble” and the strategy</i>	7
Development trends of the 5. generation telecommunication networks, Part 1	13
The effect of Coriolis Force on the movement of the projectile, Part 2	20

## INTERNATIONAL MILTECH REVIEW

India's military nuclear program, the process of building the strategy trinity, Part 3	26
Mine laying: the situation changed significantly in the East, Part 2	31

## SPACE ACTIVITIES

Space mining, Part 1	38
----------------------	----

## DOMESTIC SURVEY

Integrated laser-based live simulation in the training system of Hungarian Defence Forces, Part 2	46
Aviation safety challenges of UAVs and the possible technical solutions	53
Mi-8 will be replaced by Airbus H-225M	59
Developing of Protar target air defense aircraft in Hungary, Part 2	65

## MILTECH HISTORY

Zsélyi Aladár, an aircraft constructor and aviator, Part 2	73
--	----

## INHALTVERZEICHNIS

## STUDIEN

Künstliche Intelligenz und Kriegsmacht, Bereiche der künstlichen Intelligenz, Teil IV.	2
Russlands A2 / AD-Fähigkeiten, Teil I. <i>Die nicht vorhandene „Blase“ und Strategie</i>	7
Entwicklungsrichtungen von Telekommunikationsnetzen der 5. Generation, Teil I.	13
Wirkung der Erdrotation auf die Geschossbewegung, Teil II.	20

## INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDSCHAU

Indiens militärisches Nuklearprogramm, der Prozess des Aufbaus einer militärischen Triade Teil III. <i>Entwicklung und Inbetriebnahme des ersten im Inland konstruierten nuklearbetriebenen ballistischen Raketen-U-Bootes der indischen Marine</i>	26
Minenplatzierung: Im Osten hat sich die Lage deutlich verändert, Teil II.	31

## RAUMFAHRTTECHNIK

Abbau von Himmelskörpern, Teil I.	38
-----------------------------------	----

## HEIMATSCHAU

Integrierte Laser-Real-Simulation im Trainingssystem der Ungarischen Streitkräfte, Teil II.	46
Die Frage und die technische Möglichkeiten der Flugsicherheit der unbemannten Luftfahrzeuge	53
Der Hubschrauber Mi-8 wird durch den Airbus H225M ersetzt	59
Entwicklung des Flugabwehrzielflugzeugs „Protar” in Ungarn, Teil II.	65

## GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK

Leben und Betätigung von Aviatiker Aladár Zsélyi, Teil I.	73
---	----

**A címképkönyv:** Légi utántöltő készülékkel felszerelt H225M helikopter tenger feletti feladatvégrehajtás közben (Forrás: Airbus / Anthony Pecchy; az Airbus Helicopters engedélyével)

**Borító 2:** Fent: Lézervető felszerelése egy BTR–80 páncélozott szállító harcjármű KPVT géppuskájára (Fotó: MH BHK / Pintér László) Borító 2: Lent: I-MILES harcjárműrendszer belső egysége egy BTR–80 páncélozott szállító harcjármű küzdőterében (Fotó: MH BHK / Pintér László)

**Borító 3:** A NASA Perseverance marsjáró az űtűvelő beüzemelésével előkészül a mintagyűjtésre. A két méter hosszú kar kinyúlik, majd az űtűvelő pozíciójának rögzítését követően elkezd a mintagyűjtést a sziklából (Fotók és grafika: NASA/JPL-Caltech)

**Poszter:** H225 helikopter (Forrás: Airbus / az Airbus Helicopters engedélyével)  
(A típus főbb harcászati-műszaki adatait tartalmazó táblázatot a 64. oldalon közöljük.)

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

## Előfizetés

Éves előfizetési díj 3120 Ft.

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

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél,

e-mailen: [hirlapelofizetes@posta.hu](mailto:hirlapelofizetes@posta.hu), faxon: 303-3440,

Stúdió könyvesbolt  
1138 Bp., Népfürdő u. 15/D,  
telefon/fax: 359-1964, 359-6461,  
HM Zrínyi Nonprofit Kft.  
Ügyfélszolgálat

Budapest II., Fillér u. 14.

Levél cím: 1276 Budapest 22, Pf. 85  
telefon/fax: 212-4540

e-mail: [ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu](mailto:ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu)

További információ: 06 80/444-444

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

## A Haditechnika megvásárolható

Lira Könyvárúhá, Récsai 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.

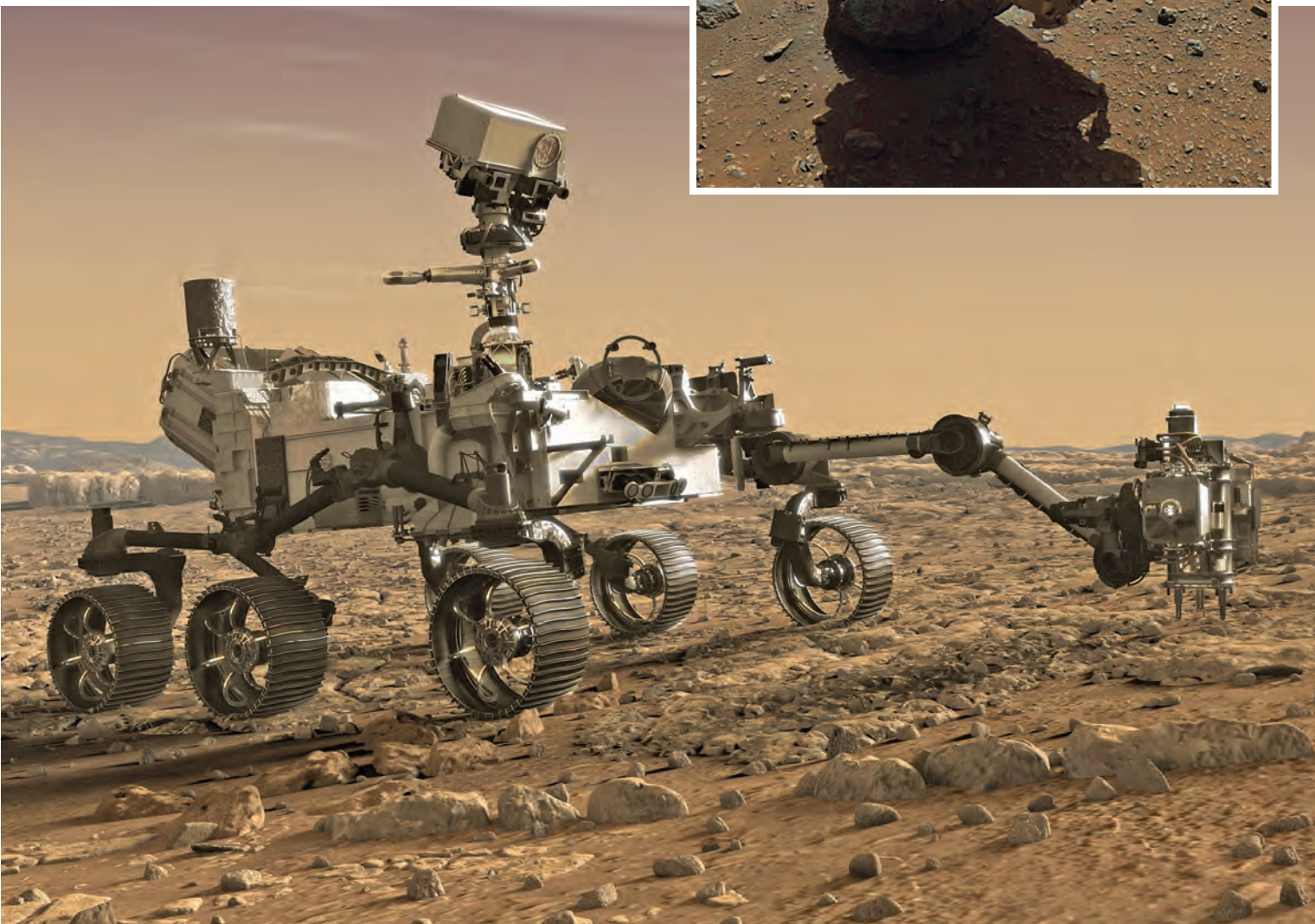
Ügyfélszolgálat

Budapest II., Fillér u. 14.

Nyitvatartás: H.–P. 9:00–16:30 óra

[ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu](mailto:ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu)







# IRANYASEREG.HU

A MAGYAR HONVÉDSÉG KARRIEROLDALA

TARTOZZ KÖZÉNK ÉS  
VÁLASZD A BÁTRAK ÚTJÁT!

